

**Укладач: професор Валентин ІВАНИЦЬКИЙ**

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ**

АЛС - автоматизована логістична система

АС – автоматична або автоматизована система

АСК - автоматизована система керування

АСКТП - автоматизована система керування технологічним процесом

АСУ - автоматизована система управління

АСУП - автоматизована система управління підприємством

ГІВС - гнучка інтегрована виробнича система

МК - мікроконтролер

РТД - роботизована технологічна дільниця

РТК - робототехнічний комплекс

САК - система автоматичного керування

САПР - система автоматизації проектування

ТП – технологічний процес

ЧПК – числове програмне керування

ЧПУ – числове програмне управління

N340 – модуль Arduino Nano CH340 R3

UR3 - модуль Arduino Uno R3

*n* – розрядність коду або кодової комбінації

## ВСТУП

Подальший розвиток світової економіки тісно пов'язаний з широкою автоматизацією й удосконаленням технологічних процесів на основі електроніки, обчислювальної та мікропроцесорної техніки. У сучасних умовах спеціалісти різного профілю не можуть активно вдосконалювати технологічні процеси в напрямку їх автоматизації без достатньо глибоких знань основ електроніки, принципів побудови та функціонування пристроїв аналогової та цифрової схемотехніки, методів аналізу і розрахунку електронних пристроїв із заданими характеристиками, програмування контролерів різного рівня складності.

У процесі підготовки сучасних інженерів все більшого значення й поширення набувають підходи STEM-освіти (science, technology, engineering, mathematics), яка поєднує в собі міждисциплінарній і проектний підхід з інтеграцією природничих наук (Science), технології (Technology), технічної інженерної творчості (Engineering) та математики (Mathematics). У багатьох провідних країнах світу основою STEM-освіти є вивчення робототехніки, програмування, автоматичного технологічного обладнання та інформаційних систем. Посібник «Основи автоматизації» надає початкові знання в даних галузях.

Процес навчання в будь-якому ВУЗі направлений на самостійне освоєння більшої частини знань та набуття практичних навичок професійної діяльності за фахом. Тому студенти мають значну частину свого часу займатися самостійним та індивідуальним навчанням. Наше завдання, як викладачів університету, - лише допомогти вам зорієнтуватися на основних напрямках професійної підготовки та розібратися в основах різних загальних та професійних технічних предметів. Інтернет дає вам дуже широкі можливості для самостійного опанування знань різних галузей.

Дані методичні вказівки допоможуть освоїти основні практичні види роботи в області основ автоматизації та виконання курсових робіт і курсових проектів. Такі роботи є основним типом індивідуального навчання студентів за спеціальністю «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Дисципліна «Основи автоматизації» тісно пов'язана з отриманням базових знань з електрики та електроніки. Тут постійно використовуються поняття напруга, опір, електрорушійна сила, електричний струм, закони Ома, властивості з'єднання електронних компонентів та інші.

Основний акцент дисципліни «Основи автоматизації» спрямований на набуття студентами найпростіших практичних навичок з розробки автоматичних систем. Це макетування та дослідження простих електричних та електронних схем на базі модулів Arduino, написання коротеньких програм для МК, набуття навичок використання в автоматизованих системах найпростіших компонентів: світлодіодів, кнопок, різних датчиків, виконуючих елементів тощо.

## **ІНДИВІДУАЛЬНА ТРАЄКТОРІЯ НАВЧАННЯ ТА КУРСОВІ РОБОТИ І ПРОЕКТИ У ПРОЦЕСІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ**

Індивідуальне навчання є важливою складовою професійної підготовки майбутніх фахівців у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій. Найбільш поширеними формами такого навчання на кафедрі приладобудування є підготовка тематичних рефератів та виконання розрахункових, графічних, розрахунково-графічних та курсових робіт і проектів. Вони сприяють більш поглибленому вивченню теоретичного матеріалу і формуванню вмінь використовувати знання для вирішення типових професійних практичних завдань.

Індивідуальні завдання для виконання наведених типів робіт видаються відповідно з освітньою програмою спеціальності 151 та робочими програмами основних дисциплін базової підготовки фахівців. Терміни видачі, виконання і захисту індивідуальних завдань студентами визначаються графіками, які розробляються кафедрою на кожний семестр.

Індивідуальні завдання виконуються студентами самостійно із одержанням необхідних консультацій викладача відповідної дисципліни, а, при необхідності, і консультацій інших науково-педагогічних працівників кафедри та факультету. Враховуючи специфіку професійної діяльності майбутніх фахівців в області

автоматизації, на кафедрі вітається виконання індивідуальних завдань комплексної тематики кількома студентами.

Курсова робота або проект з навчальної дисципліни – це індивідуальне завдання, яке сприяє закріпленню, поглибленню і узагальненню знань, одержаних студентом за час навчання, та формує практичні навички застосування набутих знань до самостійного комплексного вирішення конкретної фахової задачі. Курсові роботи (проекти) виконуються з визначених дисциплін, згідно з навчальним планом спеціальності. Тематика конкретної курсової роботи (проекту) відповідає завданням відповідної навчальної дисципліни і тісно пов'язується з практичними потребами професійної підготовки за даним фахом.

Мета, завдання, порядок виконання курсових робіт (проектів), зміст та обсяг їх окремих розділів, характер вихідних даних та інші вимоги наводяться у методичних вказівках, які розробляються кафедрою і надаються студентам для використання. Керівництво курсовими роботами (проектами) здійснюється найбільш кваліфікованими науково-педагогічними працівниками кафедри та факультету, які забезпечують навчальний процес за відповідною спеціальністю.

Курсові роботи або проекти виконуються на кафедрі в рамках вивчення окремих дисциплін освітньої програми, направлених на набуття студентами загальних та спеціальних професійних компетентностей і навичок. Кількість курсових робіт та проектів визначається навчальним планом спеціальності. Пропозиції щодо змісту завдань до таких робіт формує викладач, котрий веде відповідну дисципліну. Цим викладачем на початку семестру вивчення відповідної дисципліни подається на кафедру проект індивідуальних завдань конкретного курсового проекту чи роботи для кожного студента.

Виконуються курсові роботи та проекти під керівництвом керівників, які на початку відповідного семестру призначаються розпорядженням по кафедрі. Список керівників та тем проектів і робіт оприлюднюється на дошці оголошень кафедри та на її сторінці сайту університету.

Після затвердження керівників вони разом з викладачем дисципліни готують кінцеві завдання на курсовий проект чи роботу

для кожного студента окремо. Сформовані теми робіт та їхні завдання затверджуються на засіданні кафедри і розпорядженням кафедри надаються для виконання кожному студенту індивідуально не пізніше, ніж за три місяці до дати подачі студентом роботи на кафедру для захисту. Порядок підготовки та зміст інформації, яка має бути представлена в завданні, наводиться в наступному розділі даного методичного посібника.

Захист курсової роботи (проекту) проводиться прилюдно перед комісією у складі двох-трьох науково-педагогічних працівників кафедри, у тому числі викладача відповідної дисципліни та керівника курсової роботи.

Курсові роботи після захисту зберігаються на кафедрі протягом одного року.

На закінчення вступної частини посібника наведемо два актуальних афоризми. «Якщо вас добре навчали, то це не значить, що ви отримали хорошу освіту». «Безграмотними у 21-му столітті стають ті, хто не вміє вчитися та переучуватись». Тому набувайте власного вміння вчитися і прикладайте власних зусиль для отримання хорошої фахової освіти.

# ЧАСТИНА 1 ПІДПРИЄМСТВА ТА ВИРОБНИЦТВО

## 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЦТВА

### 1.1 Виробництво, виробнича система та підприємства або фірми

**Виробництво – одна із сфер людської діяльності, направлена на виготовлення різних товарів або наданням різних послуг для задоволення наявних потреб суспільства.** Виробнича функція реалізується в різних виробничих системах і охоплює всі дії, які безпосередньо пов'язані з виготовленням товарів чи наданням послуг.

Загальна структура виробничої системи наведена в табл.1.1. Залежно від мети й аналізу виробнича система може бути подана й іншими різноманітними структурними схемами, наприклад, структурою основних фондів, структурою кадрів, виробничою структурою тощо.

Таблиця 1.1 - Загальна схема структури виробничої системи

Виробнича система				
Виробнича структура		Організаційна структура		
<b>Вхід системи:</b> - замовлення споживачів на продукцію; - законодавчі норми; - виробничі ресурси; - вимоги стандартів; - інше	<b>Комплекси елементів:</b> - робочі місця; - дільниці; - цехи; - інше <hr/> <b>Елементи:</b> - засоби праці; - предмети праці; - праця	Технології та виробничий процес	<b>Функціональні підсистеми:</b> - виробництво; - підготовка виробництва; - управління; - інше	<b>Вихід системи:</b> - готова продукція; - послуги; - сервісне обслуговування; - інформація; - інше

Для створення матеріальних благ, які забезпечують існування й розвиток в умовах фізичних, біологічних, психологічних та інших обмежень, люди змушені поєднувати свої зусилля. За певної організації об'єднання зусиль людей продуктивніше і потребує значно менших витрат енергії, часу, матеріальних та інших необхідних ресурсів. **Тому об'єднання зусиль людей шляхом організації колективів – один з найважливіших принципів господарської діяльності суспільства у наш час.**

**Координована взаємодія групи людей забезпечується створенням офіційно встановленої і зафіксованої формальної організації – підприємства або фірми.** Законом України «Про підприємства в Україні» встановлено, що підприємство є основною первинною організаційно-господарською ланкою економічної системи країни, яка, виготовляючи і реалізуючи продукцію та послуги, забезпечує досягнення своїх цілей. Таким чином, підприємство є одним із основних видів складних виробничих систем.

**Головна мета підприємства – задовольнити запити і потреби ринку в певних видах продукції та послуг.** Економічним результатом діяльності підприємства є одержання максимального прибутку в довгостроковій перспективі. Для досягнення головної мети і прибутковості своєї діяльності підприємство в умовах конкуренції повинне забезпечувати **дві головні умови:**

- конкурентоспроможність продукції, яка випускається, або послуг, які надаються;
- зниження собівартості продукції або послуг.

## **1.2 Класифікація та властивості підприємств**

Підприємства класифікуються за різноманітними ознаками. Залежно від розмірів розрізняють дрібні, середні та великі підприємства; на дрібних працюють десятки людей; на середніх – сотні; на великих – тисячі; можна також говорити про дуже великі підприємства, на яких працюють десятки тисяч людей.

За характером продукції, яка випускається, і сферою діяльності підприємства поділяються на промислові, сільськогосподарські, транспортні, торгові та інші.

На підставі організаційного типу виробничих процесів розрізняють підприємства з масовим (кондитерська фабрика), серійним (домобудівний комбінат) і одиничним (судноверф) виробництвом.

За ступенем спеціалізації продукції розрізняють три типи підприємств:

- універсальні, що випускають різноманітну, не обов'язково взаємопов'язану продукцію;

- спеціалізовані, які виробляють однорідні вироби (послуги);

- комбінати, процес виготовлення продукції на яких складається з окремих послідовних етапів часткового перетворення предметів праці.

За ступенем механізації та автоматизації виробничих процесів підприємства бувають автоматизовані, частково-автоматизовані, комплексно-механізовані та частково механізовані.

### **1.3 Технології, технологічний процес і виробничий процес**

**Виробничий процес – це сукупність послідовних операцій та видів діяльності, які здійснюються на підприємствах для забезпечення випуск певних товарів або послуг. Для цього фірми застосовують різні технології.**

**Технологія (від грецьких слів технос – мистецтво, ремесло та логос – наука) дослівно з грецької – наука про ремесла, наука про промисловість (виробництво). Класичне її визначення – це наука про способи і процеси отримання та перероблення продуктів природи, сировини, матеріалів у певну продукцію.**

**Технологічний процес (ТП) – це сукупність дій та операцій, спрямованих на зміну форми, розмірів, стану, структури, місця розташування вхідних продуктів з метою отримання на виході необхідної готової продукції. Основною структурною одиницею виробничих процесів є технологічна операція.**

**Технологічна операція - це завершена частина технологічного процесу, яка виконується на одному робочому місці та характеризується постійністю предмета праці, знаряддя праці і особливостей впливу на предмет праці. Одну технологічну операцію можуть здійснювати кілька працівників.**

**Робоче місце технологічної операції являє собою частину виробничого простору, яка оснащена всім необхідним устаткуванням, інструментами, пристроями, приладами та інше для виконання конкретної технологічної операції виробничого процесу.**

У результаті розчленування на операції певний ТП може бути представлений у вигляді технологічної схеми. У технологічній схемі спосіб виготовлення певного продукту відображається шляхом послідовного опису технологічних операцій, що протікають у відповідних апаратах, машинах або іншому устаткуванні.

Таким чином, діяльність підприємств або фірм полягає у здійсненні різних виробничих процесів. Виробничий процес, як правило, розчленовується на кілька ТП, кожен з яких є частиною виробничого процесу. Одночасно сам ТП складається з окремих елементів – технологічних операцій.

#### **1.4 Типи технологічних та виробничих процесів**

Технологічні процеси є основні та допоміжні; пасивні та активні; дискретні, неперервні та комбіновані; механічні та апаратурні. Механічні процеси здійснюються вручну або за допомогою машин. Під час апаратурних процесів змінюються фізико-хімічні властивості об'єктів. Апаратурні процеси протікають в апаратах різних конструктивних форм: печах, камерах, ваннах, посудинах і т. ін. За кратністю обробки ТП поділяють на циклічні (кругові), із розімкненим ланцюгом (відкриті) і комбіновані. За умовами впливу на процес є високотемпературні, низькотемпературні, каталітичні, вакуумні, електрофізичні, електрохімічні, при низькому тиску та інші процеси. За методами перетворення предметів праці в готовий продукт на: механічні, хімічні, монтажні-демонтажні (складально-розбиральні) і консерваційні (змащування, фарбування, упакування тощо). Існують й інші критерії, за якими також проводять поділ ТП на інші їхні типи.

За рівнем механізації технологічні та виробничі процеси групуються на:

- **ручні процеси**, які виконуються робітником за допомогою ручного інструменту без застосування машин, механізмів і механізованих інструментів;

- **машинно-ручні**, які виконуються робітником за допомогою машин і механізмів (наприклад, обробка деталі на універсальному токарному верстаті);

- **машинні**, які здійснюються на машинах, верстатах і механізмах за обмеженої участі робітника;

- **автоматизовані**, які здійснюються на машинах-автоматах, при цьому робітник лише керує виробничим процесом та контролює його перебіг;

- **комплексно-автоматизовані**, під час яких одночасно з автоматичним виробництвом здійснюється автоматичне оперативне керування.

### **Короткий тлумачний словник до теми 1**

**Виробництво** – цілеспрямована діяльність у напрямку створення матеріальних і нематеріальних благ для задоволення потреб суспільства, яка охоплює всі стадії від розробки до реалізації конкретного блага.

**Виробнича система** – комплексна, взаємопов'язана сукупність людей, знарядь праці (машин, устаткування), предметів праці, ресурсів (сировини, енергії), організаційних процесів та інформації, які спільно функціонують для створення суспільних благ.

**Товар, продукція** – будь-який продукт виробництва (матеріальний чи нематеріальний), який здатний задовольнити певні суспільні потреби і створений для продажу та обміну.

**Послуга** – виробнича діяльність без створення матеріальної продукції, результат якої споживається безпосередньо в процесі здійснення (така діяльність одночасно включає процеси виробництва, реалізації та споживання суспільних благ). Послуги надаються, а товар чи продукція – виробляються.

**Об'єднання зусиль людей шляхом організації колективів** – один з найважливіших принципів виробництва і господарської діяльності суспільства у наш час.

Координувана взаємодія групи людей при господарській діяльності і при виробництві забезпечується створенням офіційно встановленої і зафіксованої формальної організації – **підприємства або фірми**.

**Головна мета підприємства або фірми** – задовольнити запити і потреби ринку в певних видах продукції та послуг. Дві головні умови для цього:

- **конкурентоспроможність** продукції, яка випускається, або послуг, які надаються;

- **зниження собівартості** продукції або послуг.

**Виробничий процес** – це серія операцій та видів діяльності, які здійснюються на підприємствах над початковими матеріалами і забезпечують випуск певної продукції. Для цього фірми застосовують різні технології.

**Технологія** це наука про способи і процеси отримання та перероблення продуктів природи, сировини, матеріалів й інформації у певну продукцію.

**Технологічний процес** – це сукупність дій та операцій, спрямованих на зміну форми, розмірів, стану, структури, місця розташування вхідних продуктів з метою отримання на виході необхідної готової продукції. Основною структурною одиницею виробничих процесів є технологічна операція.

**Технологічна операція** це завершена частина технологічного процесу, яка виконується на одному робочому місці та характеризується постійністю предмета праці, знаряддя праці і особливостей впливу на предмет праці. Одну технологічну операцію можуть здійснювати кілька працівників.

**Робоче місце технологічної операції** являє собою частину виробничої площі, яка оснащена всім необхідним устаткуванням, інструментами, пристроями, приладами і на якій працівники виконують конкретну технологічну операцію виробничого процесу.

### **Теми для практичного семінарського заняття 1**

1. Виробництво та його основна мета.
2. Підприємства та фірми – їх роль і функції у сучасному виробництві.
3. Автоматизація як одна із основних умов успішної діяльності сучасного підприємства або фірми.
4. Виробничий процес та базові принципи його організації.

### **Питання для самостійної роботи та контрольні запитання**

1. Визначте основні функціональні сфери в організації промислового підприємства та опишіть їх взаємозв'язок.
2. Дайте визначення поняття "виробнича система". У чому полягає її особливість?
3. Охарактеризуйте основні елементи виробничої системи та її структуру.
4. Які є основні види виробничих систем і чим вони відрізняються?
5. Чому створюються підприємства і за якими ознаками вони відносяться до виробничих систем?
6. Охарактеризуйте підприємство як виробничу систему та його ієрархічну структуру.
7. опишіть основні функціональні підсистеми підприємства.
8. У чому полягають особливості створення та функціонування виробничої системи?
9. Що називається технологічним процесом?
10. Які є класифікації технологічних та виробничих процесів?

## **2 КЕРУВАННЯ ТА ПРИНЦИП ПОБУДОВИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ**

### **2.1 Поняття керування**

У технологічному процесі більшість різних його параметрів (кількість сировини, енергії, режими експлуатації устаткування й т.п.), можуть змінюватися в залежності від конкретних умов протікання самого процесу. **Контрольоване прийняття рішень та виконання необхідних дій для досягнення необхідної мети називається керуванням.**

Основними цілями керування є:

- належне перетворення сировини в кінцевий продукт;
- раціональне використання енергетичних ресурсів;
- перебудова ТП відповідно до змін умов його протікання;
- узгодження виконання різних технологічних операцій;
- одержання максимального прибутку від капітальних вкладень та за рахунок найкращого використання устаткування.

Функція керування виникла одночасно з появою процесу виготовлення продукції. Спочатку цю функцію повністю виконувала сама людина. З ускладненням виробничих процесів ускладнювалася й функція керування ними. Більшість же сучасних технологічних процесів стали такими, що людина не здатна належним чином забезпечувати повне керування ними. У результаті виникла потреба у **передачі певних функцій керування технологічними та виробничими процесами відповідним технічним системам.** Останнє і є сутністю автоматизації.

**У залежності від ступеня автоматизації розрізняють три види керування: ручне, автоматизоване, автоматичне.**

При ручному керуванні всі функції виконує сама людина, аналізуючи результати вимірів, інтуїтивно роблячи оцінку й приймаючи рішення.

Автоматизоване керування здійснюється за допомогою технічних засобів при участі людини.

Автоматичне керування відбувається без особистої участі людини за допомогою спеціальних пристроїв.

На сьогодні в якості об'єктів керування виступають різні пристрої; верстат, двигун, літальний апарат, технологічні процеси, цех, завод, організація, побутові прилади і т.д.

Близьким до терміну «керування» є термін «управління». Але ці терміни не є тотожними. Термін «керування» переважно відноситься до самого процесу виробництва, тоді як термін «управління» - до організації процесу виробництва, наприклад, управління фірмою, управління цехом та інше.

**Технічно-інформаційні системи, які забезпечують весь процес автоматичного (або автоматизованого) керування називають системами автоматичного керування (САК).** Виділяють кілька видів САК, коротка характеристика яких наведена далі.

## **2.2 Автоматизовані системи керування технологічним процесом**

**Автоматизація виробництва або технологічного процесу - це така їх організація, при якій функції керування частково або повністю виконують технічні засоби.**

Сучасні технологічні процеси високодинамічні, тобто в них відбувається швидка зміна параметрів. Тому «простежити» за всіма численними змінами в таких процесах, оцінити їх стан і «прийняти рішення» щодо можливих впливів на об'єкт керування здатні тільки сучасні контролери, які по своїй суті є невеликими спеціалізованими комп'ютерами.

Автоматизовані системи керування технологічним процесом (АСКТП) - це системи, в яких за допомогою сучасних апаратних та програмних засобів автоматизовано весь технологічний процес у цілому. Дані системи на сьогодні є основою для безпосередньої автоматизації процесу виготовлення будь-якого виробу. У них можуть використовуватися сотні різних датчиків, вимірювальних приладів і виконавчих механізмів.

Призначення й функції основних видів АСКТП наведені в табл.2.1.

Для керування певним об'єктом необхідна наявність ще двох складових:

- набору спеціальних пристроїв керування, здатних впливати на об'єкт;

- відповідного алгоритму (або правил, програми), які забезпечують керування об'єктом у різних ситуаціях.

Таблиця 2.1 - Призначення й функції основних видів АСКТП

Призначення АСКТП	Функції АСКТП і області застосування
Керування технологічним процесом	Керування устаткуванням по заданій програмі з одночасним контролем стану самого устаткування, оброблюваного матеріалу (температура, щільність, маса й т.д.) та зовнішніх факторів. Використовується, як правило, для керування безперервними процесами в нафтохімії, енергетиці, металургії. сільському господарстві (теплиці) і т.д.
Контроль параметрів технологічного процесу	Збір і обробка даних про стан устаткування, сировини, матеріалів і напівфабрикатів, часу обробки, стану зовнішнього середовища, кількості й параметрів вихідного продукту і т.д. Використовуються в металургії, машинобудуванні, транспорті, у хімічній промисловості, авіації, енергетиці і т.д.
Діагностика й контроль продукції	Перевірка й визначення несправності як вихідної продукції, так і основних її блоків, деталей, вузлів т.д.
Керування складським господарством (логістика)	Облік і розподіл по осередках складу матеріалів і виробів, які підлягають збереженню. Автоматичний пошук адреси (де перебуває той або інший продукт), керування складськими транспортними засобами, оформлення супровідної документації при видачі замовлення.
Керування транспортуванням вантажів і пасажирів	Облік, визначення й планування напрямків і обсягів вантажних і пасажирських перевезень, розрахунок маршрутів транспорту, спостереження за ритмічністю перевезень і місцем знаходження вантажів, дотримання техніки безпеки перевезень. Використовується на різних видах підприємств, особливо транспортних.
Контроль пожежної й охоронної сигналізації	Контроль за станом датчиків об'єкта

## 2.3 Системи автоматизації проектування (САПР)

**Системи автоматизації проектування (САПР) - це системи, в яких за допомогою сучасних апаратних та програмних засобів автоматизовано проектні роботи в різних галузях людської діяльності.**

Багато сучасних видів продукції неможливо або важко було б створити без використання комп'ютерів та автоматизації на етапі проектування, моделювання й розрахунку параметрів майбутнього виробу.

У табл.2.2 наведені типові завдання САПР на промислових підприємствах. Як видно, різні САПР охоплюють практично всі стадії розробки і виробництва нових виробів, починаючи від вихідної моделі майбутнього виробу і закінчуючи конструкторською й технологічною документацією, керуючими програмами для автоматизованого устаткування, нормами часу на виготовлення окремих деталей і витратою матеріалів.

Таблиця 2.2 - Функції САПР

САПР конструкторських робіт
1. Проектування креслень деталей, вузлів, виробів
2. Моделювання роботи вузлів, блоків, і виробів
3. Розробка текстових конструкторських документів
4. Складання початкових даних для задач АСКТП
5. Розробка початкових даних для випробування деталей і вузлів виробу на відповідність конструкторській документації
САПР технологічних робіт
1. Проектування технологічних процесів виготовлення деталей, вузлів і виробів у цілому
2. Проектування оснащення (штампів, пристосувань і.т.д.), вимірювального інструменту
3. Складання відомості обладнання
4. Планування приміщень для розташування обладнання
5. Розробка програм для автоматизованих станків та обладнання

Говорячи про застосування комп'ютерів у проектуванні, слід зазначити, що складність сучасних об'єктів електроніки та приладів настільки велика, що їх неможливо створити без застосування машинного проектування. Створення САПР передбачає автоматизацію розрахункових і креслярських робіт, а також автоматизацію виготовлення всієї необхідної документації. Це дозволяє підвищити технічний рівень і якість проектів, скоротити строки конструювання. У сучасних САПР відбувається злиття конструкторського й технологічного етапів проектування. Це дає можливість одержання вихідних даних технологічного проектування на машинних носіях, які використовуються надалі як керуюча інформація автоматичних верстатів та цілих конвеєрних ліній.

#### **2.4 Автоматизовані логістичні (або транспортно-складські) системи**

**Автоматизовані логістичні системи (АЛС) - це системи, у яких за допомогою сучасних апаратних та програмних засобів здійснюється автоматизоване постачання виробництву деталей і матеріалів та відвантаження готової продукції.**

Завдання АЛС - ефективне й надійне керування процесами зберігання й переміщення вантажів. Дана система є різновидом загальних автоматичних систем управління (АСУ), яка орієнтована на конкретне застосування для складських підрозділів підприємств.

Впровадження АЛС скорочує частку робітників, зайнятих на ручних і допоміжних роботах, підвищує якість забезпечення цехів заготовками й комплектуючими виробами, що, у свою чергу, сприяє росту обсягів і підвищенню ефективності виробництва.

#### **2.5 Автоматизовані системи управління підприємством**

**Автоматизовані системи управління підприємством (АСУП) - це комплект апаратних, програмних та інших засобів які призначений для автоматизації управління підприємством, його підрозділами і службами для того щоб підвищити ефективність виробництва, зменшити собівартість продукції, підвищити її якість. Будь-який завод, фабрику або установу можна розглядати як об'єкт управління.**

Вхідна інформація в АСУП отримується з різного роду планових, фінансових, видатково-прихідних і інших документів. Вони виконують функції, аналогічні функціям датчиків у системах керування технологічними процесами.

У якості "виконавчих механізмів", які виконують функції управління процесом організації виробництва, у тій або іншій степені виступає кожен працівник підприємства.

## **2.6 Комп'ютерно-інтегровані технології**

**Комп'ютерно-інтегровані технології (KIT) (computer integrated technologies) охоплюють ті виробництва, які використовують комп'ютерну техніку для здійснення процесів керування та управління.** У таких виробництвах створюються та експлуатуються комп'ютерно-інтегровані системи. Вони забезпечують достовірне розв'язання задач, зосереджених на всіх підсистемах керування та управління. КІТ широко використовують інтелектуальні підсистеми задля підтримки прийняття рішень на основі баз даних та баз знань.

### **Короткий тлумачний словник до теми 2**

Контрольований вплив на параметри будь-якого процесу з метою досягнення необхідної мети називається **керуванням**.

Передача певних функцій керування технологічними та виробничими процесами відповідним технічним системам є **сутністю автоматизації**.

При **ручному керуванні** всі функції виконує сама людина, аналізуючи результати вимірів, інтуїтивно роблячи оцінку й приймаючи рішення.

**Автоматизоване керування** здійснюється за допомогою технічних засобів при участі людини.

**Автоматичне керування** відбувається без особистої участі людини за допомогою спеціальних пристроїв.

Близьким до терміну «**керування**» є термін «**управління**». Але ці терміни не є тотожними. Термін «керування» переважно відноситься до самого процесу виробництва, тоді як термін «управління» - до організації процесу виробництва.

**Автоматизація виробництва або технологічного процесу** - це така їх організація, при якій функції керування частково або повністю виконують технічні засоби.

**Системи автоматизації проектування (САПР)** - це системи, в яких за допомогою сучасних апаратних та програмних засобів автоматизовано проектні роботи в різних галузях виробництва.

**Автоматизовані логістичні системи (АЛС)** - це системи, у яких за допомогою сучасних апаратних та програмних засобів здійснюється автоматизоване постачання виробництву деталей і матеріалів та відвантаження готової продукції.

**Автоматизовані системи управління підприємством (АСУП)** - це комплект апаратних, програмних та інших засобів які призначений для автоматизації управління підприємством, його підрозділами і службами.

**Комп'ютерно-інтегровані технології (КІТ)** (computer integrated technologies) охоплюють ті виробництва, які використовують комп'ютерну техніку для здійснення процесів керування та управління.

## **Теми для практичного семінарського заняття 2**

1. Відмінності виробничого процесу, технологічного процесу та технологічної операції.
2. Принципи організації робочого місця технологічної операції.
3. Комп'ютерно-інтегровані системи як основа автоматизації сучасних виробничих процесів.
4. Принципи автоматизації технологічних операцій та їхніх робочих місць.

## **Питання для самостійної роботи та контрольні запитання.**

1. Яке визначення ви дали б терміну керування?
2. Які основні сучасні об'єкти керування?
3. Яке керування називають автоматичним?
4. Що таке система керування?
5. Відмінності понять керування та управління.
6. Що таке АСУП та АСКТП?
7. Які основні завдання виконують АСКТП?
8. Що таке САПР та які основні завдання вони виконують?

9. Що таке АЛС та які основні завдання вони виконують?

10 Опишіть ієрархію систем управління на промисловому підприємстві.

## 3 ЕТАПИ ТА ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ САК

### 3.1 Етапи розвитку САК

Автоматизація виробничого процесу досягається шляхом використання систем машин-автоматів, які являють собою комбінацію різнорідного устаткування та інших технічних пристроїв, розташованих у технологічній послідовності й об'єднаних засобами транспортування, контролю та управління для виконання часткових процесів виготовлення виробів. Особливо важливу роль при цьому відіграє комплексна автоматизація виробництва, коли без безпосереднього втручання людини, але під її контролем, машинами-автоматами здійснюються всі процеси виробництва - від надходження сировини до виходу готового продукту.

Таким чином, під автоматизацією виробництва розуміють процес, під час якого всі або переважна більшість виробничих операцій передаються машинам і здійснюються без особистої участі людини, крім функції налагодження, нагляду і контролю.

Виділяють такі основні етапи розвитку автоматизації у промисловості:

1. На першому етапі автоматизувалися окремі операції або їх групи з повним або частковим вивільненням робітника від виконання трудомістких, шкідливих, монотонних операцій. Для цього створювалися напіваавтомати й автомати.

**Автомат являє собою саморегулюючу робочу машину, яка самостійно здійснює типовий набір виробничих операцій (крім контролю і налагодження). Наприклад, станок-автомат, зварювальний пристрій-напіваавтомат.**

2. Другий етап розвитку автоматизації характеризується впровадженням **автоматичних виробничих ліній**. Кожна така лінія - це спеціалізований комплекс машин, механізмів та пристроїв, які здійснюють певний технологічний або виробничий процес без безпосередньої участі людини.

3. Для третього етапу розвитку автоматизації характерна поява електронно-програмного керування. Для нього характерним є створення верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК або ЧПУ) і автоматичних ліній, оснащених такими верстатами.

4. Четвертий етап розвитку автоматизації пов'язаний із широким впровадженням в устаткування з ЧПК, МК та спеціалізованих промислових контролерів. Це дає змогу створювати принципово нові системи машин, які поєднують у собі високу продуктивність автоматичних ліній з вимогами гнучкості виробничого процесу.

5. П'ятий етап автоматизації характеризується створенням комплексно-автоматизованих ліній, дільниць, цехів і заводів у цілому з широким використанням комп'ютерних систем.

Найбільш поширеною системою автоматизації на Україні є автоматичні лінії. Це система керуючих пристроїв та машин-автоматів, які розміщені за ходом протікання технологічного процесу й об'єднані між собою автоматичними механізмами та пристроями для транспортування елементів виробництва від одного автомату до іншого.

Відповідно до функціонального призначення автоматичні лінії можуть бути механообробними, механоскладальними, складальними, заготівельними, термічними, контрольно-вимірвальними, пакувальними, консерваційними та інше.

### **3.2 Робототехнічні системи**

**Промисловий робот - універсальна автоматизована машина, яка запрограмована на виконання у виробничому процесі багатьох послідовних команд для здійснення рухових функцій, аналогічних функціям людини.**

Промисловий робот здатний відтворювати деякі рухові і розумові функції людини під час виконання ним основних і допоміжних виробничих операцій без особистої участі людини. Для цього його наділяють деякими властивостями: зором, дотиком, пам'яттю й іншими, а також здатністю до самоорганізації, самонавчання та адаптації до зовнішнього середовища.

Промислові роботи заміняють монотонну ручну працю людей, а також їх використовують там, де вони працюють з радіоактивними, токсичними, вибухонебезпечними речовинами, у складних температурних умовах, в умовах підвищеної вібрації, шуму, забруднення повітря і т. д.

Для здійснення різноманітних виробничих процесів в особливих умовах виробництва використовуються сімейства відповідних типів роботів, які об'єднуються в робототехнічні комплекси (РТК).

**Роботизований технологічний комплекс** складається, як правило, з одного або групи верстатів-автоматів, промислових роботів, транспортних і накопичувальних пристроїв, об'єднаних загальною системою керування.

Більш складним РТК є **роботизована технологічна ділянка** (РТД), яка об'єднує кілька роботизованих комплексів, котрі здійснюють технологічні операції в єдиному технологічному циклі. РТД складається з декількох РТК, об'єднаних автоматизованою транспортною системою з допоміжним устаткуванням і автоматизованою системою складування.

Сукупність кількох РТД може створювати повністю автоматизований цех. А найвищою формою розвитку роботизованого виробництва є комплексно роботизований завод.

Використання РТК в автоматизації виробництва підвищує його переваги завдяки:

- зручності експлуатації (інтерактивний пульт спостереження виводить інформацію про технологічний процес у реальному режимі часу; дисплей якісно відображає дані на мові користувача; пульт керування обладнаний принтером і клавіатурою);

- якості обробки виробу (жорсткість установа комплексу; великий діапазон режимів обробки виробів різної номенклатури; швидке відновлення функціонування РТК після відмови електропостачання);

- гнучкості (легкість зміни заготовки, деталі, оснащення, інструменту; ручне завдання програми за допомогою підвісного пульта інтерактивної дії; швидка зміна програм за рахунок великого обсягу пам'яті; модульність побудови вможливує дооснащення новими пристроями і устаткуванням; відкритість системи керування сприяє інтеграції і гнучкості створення комплексів);

- надійності і безпеці (контроль робочої зони фотоелементами, швидке відновлення параметрів функціонування РТК після збоїв; мінімальна кількість електроприводів та їх подвійний захист; надійний захист робочої зони і високий рівень гігієни завдяки

спеціальним камерам процесу обробки деталей; нормативна ергономічність робочого місця);

- ефективності (оснащеність універсальним пультом керування роботами та всім устаткуванням; компактність конструкції економить час на монтаж та установлення РТК; скорочення простоїв і збереження продуктивності завдяки швидкому відновленню функціонування після відмов; висока швидкість циклів обробки і переналагодження; прогресивна технологія виробництва і системний каталог, яким створює зручний доступ до параметрів процесу).

### **3.3 Гнучке автоматизоване виробництво**

На сьогодні часто виникає гостра проблема адаптації виробництва до потреб суспільства, які швидко змінюється. Ця проблема переважно вирішується шляхом застосування гнучких автоматизованих технологій. При цьому під гнучкістю виробництва розуміється його спроможність без яких-небудь істотних змін техніки, технології й організації виробництва забезпечувати перехід на нові вироби в найкоротші терміни і з мінімальними витратами трудових та матеріальних ресурсів незалежно від зміни конструктивних і технологічних характеристик виробів.

**Гнучке автоматизоване виробництво на сьогодні являє собою організаційно-технічну виробничу систему, яка функціонує на основі комплексної автоматизації і здатна з мінімальними витратами й у короткі терміни, не припиняючи загального виробничого процесу, переходити на випуск нової продукції за рахунок заміни програм керування.**

Поняття гнучкості виробничої системи багатокритеріальне. Залежно від конкретно розв'язуваних завдань різні автоматизовані лінії можуть наділятися різноманітними типами гнучкості:

машинна гнучкість - простота перебудови технологічного устаткування для виробництва заданої множини деталей;

технологічна гнучкість - спроможність устаткування виробляти задану множину деталей різними способами;

структурна гнучкість - можливість розширення гнучкої системи за рахунок уведення нових технологічних модулів;

виробнича гнучкість - спроможність системи продовжувати обробку деталей у разі відмови окремих технологічних елементів;

маршрутна гнучкість - можливість зміни порядку виконання операцій без перепланування устаткування;

гнучкість за обсягом - спроможність системи ефективно функціонувати при різних обсягах виробництва;

гнучкість за номенклатурою - спроможність системи виготовляти різноманітні деталі.

### **3.4 Гнучкі інтегровані виробничі системи**

Під гнучкими інтегрованими виробничими системами (ГІВС) розуміють сукупність у різних поєднаннях обладнання з ЧПК, РТК, гнучких виробничих модулів, окремих одиниць технологічного обладнання та систем забезпечення їх функціонування в автоматичному режимі протягом заданого інтервалу часу, які мають властивість автоматизованого переналагодження при виробництві виробів довільної номенклатури в установлених межах значень їхніх характеристик. Інакше кажучи, ГІВС – це виробнича система, яка працює за безлюдною (автоматичною) безвідходною технологією й дає змогу відмовитись від технічної та супровідної документації заміною останньої інформацією, яка передається локальною мережею зв'язку чи зосереджується на машинних носіях.

У ГІВС здійснюється безпосереднє автоматичне перетворення початкового матеріалу в кінцевий продукт. У даний час ГІВС функціонують головним чином у промислово розвинених країнах — Америці, Японії, Південній Кореї, країнах Західної Європи.

#### **Короткий тлумачний словник до теми 3**

**Автомат** – саморегулююча робоча машина, яка самостійно здійснює типовий набір виробничих операцій. Станок автомат, прилад-напіваавтомат.

**Станок з числовим програмним керуванням (ЧПК)** – автомат, який працює відповідно із закладеною в нього програмою.

**Промисловий робот** – універсальний автомат, який запрограмований на виконання у виробничому процесі багатьох послідовних команд – функцій.

**Автоматична лінія. Автоматизована лінія.** Система кількох машин-автоматів, які розташовані в порядку здійснення технологічного або виробничого процесу.

**Роботизований технологічний комплекс** - групи станків-автоматів, промислових роботів, транспортних і накопичувальних пристроїв, об'єднаних загальною системою керування.

**Роботизована технологічна дільниця** – об'єднує кілька роботизованих комплексів.

**Гнучке автоматичне (або автоматизоване) виробництво.** Гнучка інтегрована виробнича система - організаційно-технічна виробнича система, яка здатна з мінімальними витратами переходити на випуск нової продукції за рахунок заміни програм керування.

### **Теми для практичного семінарського заняття 3**

1. Терміни «керування», «управління», «автоматизація», «автомат», «промисловий робот» та їх сутність.

2. Ручне, автоматизоване та автоматичне керування.

3. Сутність сучасних систем автоматичного керування (САК) та принципи їх організації.

4. Особливості основних типів САК: система автоматизації проектування, автоматична логістична система, автоматична система управління підприємством.

### **Питання для самостійної роботи та контрольні запитання.**

У чому полягає автоматизація виробничих процесів?

Що називається промисловим роботом? Де їх використовують?

Що являє собою роботизований технологічний комплекс (РТК)?

Поясніть структуру ЧПК.

З чого складаються ГІВС?

Як здійснюється перехід на інший комплекс операцій при гнучкому автоматизованому виробництві?

## ЧАСТИНА 2

### СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ В АВТОМАТИЗАЦІЇ

#### 4 ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ТА ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

##### 4.1. Особливості сучасних автоматичних систем

Технічні автоматичні системи (АС) створюються людиною. Ці системи можуть мати різну ступінь складності і автономності. Але **всі АС можуть працювати лише при участі людини і створюються для служіння людині.**

Найяскравішим прикладом повністю автономних АС є живі істоти. При цьому технічні АС дуже схожі на живих істот. Більше того, можна сказати, що в багатьох випадках **люди створюють АС «за образом і подобою живих організмів».**

Основою довільної АС є САК. Проаналізуємо основні особливості, які притаманні всім сучасним САК.

1. Дія будь-якої САК направлена на певний конкретний об'єкт керування. Під **об'єктом керування** розуміють весь комплекс технічного обладнання, у якому проходить технологічний або виробничий процес. Зрозуміло, що в залежності від свого призначення, сучасні об'єкти керування можуть бути найрізноманітнішими – від кишенькового ліхтарика до автоматичної лінії виготовлення кузовів автомобіля. При цьому при функціонування САК знаходиться у постійній неперервній взаємодії зі своїм об'єктом керування.

2. **У всіх САК можна виділити три головні частини: матеріальна, інформаційна та енергетична** (рис.4.1). Матеріальна частина – це сукупність всіх пристроїв та елементів, з яких змонтована САК. Інформаційна частина являє собою той алгоритм та програму, згідно з якими діє дана система. Люба матеріальна система може діяти лише при постійному постачанні її необхідною енергією, що і забезпечує енергетична частина САК.

При роботі САК наведені три її частини не є статичними застиглими утвореннями. Вони інтенсивно взаємодіють між собою із

неперервною зміною своїх властивостей, параметрів і характеристик. Дані зміни описують за допомогою спеціальних схем, які називають **схемами матеріальних, інформаційних або енергетичних потоків**.

Рисунок 4.1 – Головні частини та потоки в САК

3. Люба САК функціонує в певній обмеженій частинці простору, яку ми називатимемо оточуючим середовищем. Оточуюче середовище має охоплювати всі ті об'єкти, які здійснюють дієвий вплив на дану САК (рис. 4.2).

Рисунок 4.2 – Загальна структура САК та її оточуюче середовище

Для кожної САК є своє оточуюче середовище. Наприклад, для людини, яка живе в Африці, оточуюче середовище суттєво відрізняється від оточуючого середовища дослідників Антарктиди. Так само оточуюче середовище мобільного телефону відрізняється від оточуючого середовища автоматичної лінії фасування продуктів (рис.4.3). При цьому дуже часто слід враховувати дію оточуючого середовища як на саму САК, так і на всю АС.

Рисунок 4.3 – Порівняння оточуючого середовища мобільного телефону (а) та автоматичної лінії фасування продуктів (б)

**4. Сучасні САК будуються із окремих модулів різного ступеня складності.** Основою модульного принципу є створення окремих універсальних блоків-модулів, кожен із яких може виконувати одну або кілька елементарних функцій у загальній системі автоматизації. У більшості випадків, один і той же модуль може входити до складу різних за призначенням САК. Найпростішим прикладом використання модульного підходу є дитячий конструктор технічних діючих моделей.

Модульний принцип організації САК дозволяє проектувати автоматичні та автоматизовані системи від самих простих до самих складних. При цьому суттєво скорочуються терміни розробки і проектування нових автоматичних пристроїв і систем, зменшується

вартість проектних робіт, спрощується монтаж, налаштування та експлуатація САК. Крім того, використання готових спеціалізованих модулів підвищує надійність функціонування автоматизованих систем, оскільки фірми-виробники окремих модулів забезпечують їхні високі експлуатаційні параметри і характеристики.

## **4.2 Загальна структура матеріальних частин автоматичних систем**

Розглянемо тепер одну із складових частин сучасних САК – матеріальну (рис. ). Її основу складає **технічний «мозок»**, у якості якого на сьогодні виступають модулі:

- мікроконтролерів (МК);
- промислових логічних контролерів (ПЛК);
- спеціалізованих логічних контролерів (СЛК);
- програмованих логічних матриць (ПЛМ) та інше.

Ця частина забезпечує:

- отримання інформації про всю АС;
- обробку отриманої інформації;
- прийняття рішень щодо операцій керування;
- генерацію сигналів для здійснення керування;
- виконання деяких інших операцій.

Наступною складовою САК є **сенсори та датчики**. Вони відповідають:

- за отримання інформації про стан та параметри різних елементів АС;
- за перетворення отриманої інформації у стандартний сигнал;
- за передачу сигналу до «мозку» САК.

**Виконавчі механізми** – пристрої, за допомогою яких безпосередньо здійснюються всі процеси керування об'єктом.

**Регулятори** – пристрої, які працюють у складі АС та виробляють керуючі сигнали, які безпосередньо впливають на процес керування (часто без участі технічного «мозку» САК).

**Інформаційні пристрої різного призначення.**

## **4.3 Енергетична частина САК**

Всі модулі матеріальної частини САК вимагають для свого функціонування притоку енергії. Для різних типів матеріальних модулів необхідні різні види енергії: електрична, механічна, теплова та інші. Крім того, різні модулі САК потребують той або інший тип енергії, але з різними її параметрами. Наприклад, електрична енергія має бути у вигляді змінного чи постійного струму, із тим або іншим значенням напруги живлення, з тією або іншою споживаною потужністю тощо. Для забезпечення всіх таких різносторонніх вимог у склад САК включають різні модулі енергетичного забезпечення, які в сумі утворюють загальну енергетичну частину САК.

Основним видом енергії, яку використовують сучасні САК, є електрична енергія. Тому надалі ми матимемо справу саме з різноманітними електричними модулями, які називають джерелами живлення. Основними із них є джерела постійної ЕРС та джерела змінної (як правило, гармонічної) ЕРС.

Для ознайомлення з основними принципами побудови інформаційної частини САК виділимо окремий розділ посібника.

#### **4.4 Явища і процеси та їх параметри**

У оточуючому нас світі постійно протікають якісь зміни. З точки зору технічної інженерії основними із таких змін є явища і процеси. **Явищем називають такі природні зміни в навколишньому світі, які можуть протікати не залежно від нас, наприклад, блискавка, снігопад тощо. Процесом називатимемо ті зміни, які протікають в оточуючому світі завдяки людині і можуть бути керовані людиною, наприклад, процес нагрівання, свердління, паяння та інше.**

Кожне явище або процес мають свої особливості і властивості. **Для чітко опису властивостей явищ і процесів вводять їхні різні кількісні характеристики, які називають параметри явища або процесу. Для кількісного визначення певного параметра застосовують одиниці його вимірювання. Наприклад, такий параметр як температура вимірюється одиницею вимірювань, який називають градусом кельвіна, а параметр відстані – метром і так далі. Визначене кількісне значення параметра процесу у відповідних одиницях вимірювань називають величиною (або значенням) даного параметра. Наприклад 5°C, 7 м, 2 кг.**

Для визначення існуючих величин параметрів процесів використовують відповідні прилади, а сам процес називають вимірюванням. Наприклад, температуру вимірюють різними градусниками, відстань – лінійками, рулетками. Для спрощення наукових і технічних записів для параметрів процесів і їх величин вводять символічні позначення, наприклад, температуру позначають символом  $T$ , час – символом  $t$ .

*Примітки. Символи параметрів і величин можуть позначатися як великим (прописними) так і малими літерами абеток – переважно латинської та грецької. Особливості таких позначень розглянемо у процесі вивчення матеріалу підручника.*

*Символи параметрів і величин у науці та інженерії прийнято писати курсивом.*

У науці та інженерії використовуються не довільні одиниці вимірювань, а спеціальні одиниці, встановлені відповідними національними або міжнародними документами. Такі одиниці об'єднують у **системи одиниць**. На сьогодні основною із таких систем є **Міжнародна система одиниць** (International system of units – SI або SI). Вона була запроваджена в 1960 році і зараз прийнята більшістю країн як офіційна національна система одиниць вимірювань.

**Похідні одиниці** SI отримуються відповідними математичними операціями над основними одиницями. Таким чином, любую похідну одиницю можна виразити через кілька основних одиниць. Наприклад, швидкість в SI вимірюється в метрах за секунду (м/с).

У табл. 4.1 наведені основні одиниці вимірювань системи SI разом з їхніми загальноприйнятими символами і назвами параметрів, які ними вимірюються.

Похідних одиниць у SI дуже багато. При цьому як основні, так і похідні одиниці вимірювань можна зменшувати або збільшувати за допомогою спеціальних префіксів, які позначають множення або ділення на певну величину. Найпоширеніші префікси наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.1 – Основні та деякі похідні одиниці вимірювань параметрів системи SI

Параметр	Символ параметра	Назва одиниці вимірювань	Символ одиниці вимірювань
----------	------------------	--------------------------	---------------------------

Відстань, довжина	$L, l$	метр	м (m)
Маса	$m$	кілограм	кг (kg)
Час	$s$	секунда	с (s)
Сила струму	$I, i$	Ампер	А
Температура	$T$	градус Кельвіна	К
Сила світла	$I$	кандела	кд (cd)
Кількість речовини	$\nu$	моль	моль (mol)

Таблиця 4.2 – Найбільш вживані префікси для одиниць вимірювань параметрів

Назва префікса	Символ префікса	Дія, яку визначає префікс
тера	T	помножити на $10^{12}$
гіга	G (G)	помножити на $10^9$
мега	M	помножити на $10^6$
кіло	k (k)	помножити на $10^3$
мілі	m (m)	поділити на $10^3$
мікро	μк (μ)	поділити на $10^6$
нано	n (n)	поділити на $10^9$
піко	p (p)	поділити на $10^{12}$

#### Короткий тлумачний словник до теми 4

**Мікросхема (chip)** – спеціальний електронний прилад, який може виконувати одну, кілька або багато заданих функцій і який скомпонований в один малий нерозбірний корпус.

Для детального ознайомлення із будь-якою мікросхемою (або іншим електронним приладом) слід знайти її інформаційний аркуш (Datasheet – специфікація).

**Мікроконтролер (МК) (microcontroller – MC)** – складна мікросхема, яка має:

- пам'ять, у якій зберігається програма дій МК;
- систему обробки інформації (мікропроцесор, microprocessor);
- прості пристрої збирання інформації про стан зовнішніх пристроїв;
- прості пристрої для передачі інформації зовнішнім пристроям та керування ними.

МК програмується за допомогою комп'ютера або інших спеціальних пристроїв. Мета вбудовування програми в МК полягає в тому, щоб його електронна схема могла приймати сигнали з її входів, обробляти ці сигнали за закладеним в програмі алгоритмом та подавати на виходи мікросхеми необхідні за алгоритмом сигнали. Таким чином, МК виконує функцію "мозку", який керує сприйняттям інформації від «органів відчуттів», її обробкою та видачею керуючих сигналів різним «органам дії». У наш час ми користуємося МК у багатьох пристроях, які нас оточують: мобільні телефони, MP3-програвачі, DVD-диски, телевізори, кондиціонери, побутова техніка, автомобілі, іграшки та багато іншого.

**TQFP (Thin Quad Flat Pack)** – тип корпусу мікросхем, особливістю якого є дуже мала товщина (1 міліметр) та стандартна довжина ніжок (виводів, пінів) 2 мм. Кількість ніжок в таких корпусах може варіюватися від 32 до 176, а розміри однієї сторони: від 5 мм до 20 мм. Ніжки мікросхеми є мідними і крок їх розміщення може бути 0.4, 0.5, 0.65, 0.8 і 1 міліметр.

**Плата, друкована плата (printed circuit board – PCB)** – це основа, на якій монтуються мікросхеми та інші електронні прилади системи автоматизації (або її окремого модуля) із провідними доріжками для зв'язку між ними.

**Світлодіод (light emitted diode – LED)** – напівпровідниковий прилад, який випромінює світло, якщо через нього протікає електричний струм.

**Аналогово-цифровий перетворювач (АЦП), analog to digital converter (ADC)** – окрема мікросхема або функціональний блок мікросхеми, який здійснює перетворення аналогового сигналу в цифровий.

**Кварцовий резонатор (quartz resonator)** – пристрій, який забезпечує високу стабільність частоти імпульсних сигналів.

**Пам'ять** – спеціалізована мікросхема або функціональний блок мікросхеми для збереження інформації. Рекомендуємо запам'ятати стандартні скорочені англійські назви різних видів пам'яті, які наведені нижче.

**ОЗП** – оперативно запам'ятовуючий пристрій або оперативна пам'ять, швидкодіюча пам'ять з довільною вибіркою (**RAM – Random Access Memory, або SRAM**). Використовується під час виконання МК

його програми для запису, зберігання та читання інформації у процесі її обробки МК.

**ПЗП** – постійний запам'ятовуючий пристрій (**ROM – read only memory**). У таку пам'ять програма записується лише один раз у процесі виробництва мікросхеми і в послідуєчому не може бути перезаписана або замінена.

**One-Time Program-mable ROM (OTPROM)** – ПЗП, на який користувач можна записати інформацію лише один раз.

**Erasable Electrical Programmable Read Only Memory (EEPROM)** – мікросхема постійної пам'яті, яка дозволяє багаторазово записувати і стирати інформацію за допомогою електричних процесів. До цього виду пам'яті відносяться і сучасні мікросхеми **Flash-пам'яті**. Інформація в цій пам'яті зберігається і після відключення пристрою від джерела електричного живлення.

**Mini-B USB-рознімач** - один із типів рознімачів, які використовуються в USB-інтерфейсах.

**Драйвер** - пристрій або спеціальна програма, які забезпечують узгоджене функціонування різних компонентів систем автоматизації.

Виріб	Good	Good
Діод	Diode	Diode
Мікросхема	Microcircuit	Microcircuit
Мікросхема аналогова	Analog Microcircuit	Analog Microcircuit
Мікросхема цифрова	Digital Microcircuit	Digital Microcircuit
Мікрофон	Microphone	Microphone
Панель керування	Control panel	Control panel
Перетворювач	Transformer	Transformer
Трансформатор	Transformer	Transformer
Процесор	Processor	Processor
Світлодіод	Light-emitting Diode	Light-emitting Diode
Стабілітрон	Zener	Zener
Схема інтегральна	Integrated circuit	Integrated circuit
Регістр	Register	Register
Транзистор	Transistor	Transistor

Довжина	Length	Length
Одиниця виміру	Metage	Metage
Розмір	Size	Size
Товщина	Thickness	Thickness
Моделювання	Modeling	Modeling

#### **Теми для практичного семінарського заняття 4**

1. Тісний взаємозв'язок САК та об'єктів керування.
2. Діалектика взаємодії матеріальної та інформаційної частин САК.
3. Основні компоненти інформаційної частини сучасних САК та сучасні пристрої, які є «мозком» САК.
4. Основні сучасні компоненти матеріальної частини та енергетичного забезпечення САК.
5. Сучасні «органи відчуттів» САК.

## 5 ІНФОРМАЦІЙНА ЧАСТИНА СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

### 5.1 Поняття про інформацію та сигнали

**Функціонування** будь-якої АС пов'язане з інформацією. Сама по собі інформація – це одна із базових властивостей нашого Всесвіту, таких як тривимірність, розвиток у часі від минулого через теперішній до майбутнього та інші. Основна риса інформації полягає в тому, що вона є нематеріальною властивістю нашого Всесвіту. Вона не має маси, не переносить матеріальну енергію, не відчувається нашими органами відчуттів. Для нас інформація пов'язана лише зі свідомістю та розумом людини.

Первинна інформація в нашому матеріальному світі закладена лише в живих організмах, у діяльності яких вона відіграє надзвичайну роль. Звідки насінина рослини знає коли їй проростати, звідки вона знає що корінь слід пускати вниз у землю, а стебло – вгору до сонця, звідки вона знає, що вона є зерниною пшениці, а не соняшника? Вона знає про це тому, що в ній закладена інформація про все це. Тому, за самим простим визначенням – інформація, це знання когось про щось у нашому світі. Відповідно поняття "інформація" та "знання" дуже близькі. Однак, термін «знання» є значно вужчим. Він визначає лише ту частину наявної загальної інформації, якою володіє конкретний суб'єкт.

У нашому матеріальному світі людина володіє тією частиною інформації Всесвіту, які людство набуло у вигляді сукупності всіх знань. Тварини володіють мінімумом інформації Всесвіту та незначними набутими знаннями.

Для функціонування будь-якої САК вона має володіти двома типами інформації:

- інформація про саму себе (таким же чином, як ми починаємо усвідомлювати себе прокидаючись після глибокого сну);
- вся інформація про своє зовнішнє оточення (так ми починаємо сприймати навколишній світ просинаючись).

Основним для САК є другий тип інформації. Тому будь-яка САК постійно збирає інформацію про оточуюче її середовище (рис. 4.3). У живих АС збір інформації здійснюють спеціальні основні п'ять органи

відчуттів: зір, слух, нюх, смак, дотик. Зібрана інформація в живих АС у загальному формується та проявляється у вигляді знань. Нематеріальні знання у живих АС концентруються в мозку за механізмами, які на сьогодні остаточно не вияснені. **У технічних АС збір інформації здійснюють спеціальні матеріальні прилади, які ми називаємо сенсорами та датчиками.**

**Існує постійний обмін інформацією між різними об'єктами нашого світу.** Такий обмін інформацією в нашому світі проходить за допомогою матеріальних носіїв. Двома основними матеріальними формами передачі інформації є повідомлення та сигнали. При цьому повідомлення або сигнал являє собою інформацію, яка накладена на певний матеріальний носій (рис.5.1).

Рисунок 5.1 – Інформація, повідомлення та кодування

**У випадку спілкування людей обмін інформацією проходить переважно за допомогою повідомлень. У технічних системах такий обмін відбувається за допомогою сигналів. Сам процес накладання інформації на певний матеріальний носій називають модуляцією.**

Приклад. Я подивився у вікно і побачив, що погода хмарна. У моєму мозку виникла і зберігається нематеріальна інформація про сьогоднішню погоду у вигляді одного слова: «хмарно». Але щоб передати цю нематеріальну інформацію або ці знання іншим людям, я вже маю використати певний матеріальний носій, який буде «переносити» відповідне матеріальне повідомлення. Зокрема, я можу надіслати це повідомлення за допомогою такого матеріального носія, як повітря. Тоді я надаю вам інформацію звуками «хмарно». При цьому я здійснюю модуляцію коливань повітря своїми голосовими зв'язками, тим самим накладаючи на ці коливання інформацію. Теж повідомлення я можу передати іншим носієм – аудиторною дошкою, написавши на ній слово «хмарно». Цим самим я накладаю свої нематеріальні знання на матеріальний носій-дошку, здійснюючи модуляцію її кольору крейдою.

Для формування повідомлень або сигналів застосовуються різноманітні «мови»: внутрішня у вигляді наших думок, усна, писемна, українська, англійська, азбука Морзе, мова жестів для спілкування глухих людей, мова СІ++ та інші.

Під будь-якою мовою слід розуміти дві взаємозв'язані складові:

- абетка (яка має включати літери та інші знаки – кома, пробіл, крапка і так далі);

- правила, за якими із знаків абетки формуються повідомлення.

Для технічних систем замість поняття «мова» прийнято вживати більш вузьке поняття «код». Наприклад, двійковий код, десятковий код, код Грея та багато інших. Таким чином, під **кодом розуміють сукупність спеціальних знаків, за допомогою яких формують повідомлення або сигнал**. Можна вважати, що основним кодом для спілкування людей є звуки та літери їхньої мови. Саме із них ми створюємо повідомлення одне для одного. Так під час письма ми свої знання перекладаємо на папір у вигляді букв, слів та речень. **Процес створення повідомлення або сигналу із знаків відповідного коду називають кодуванням**.

## 5.2 Операції з інформацією та сигналами

Вся інформація в технічних АС формується та проявляється лише у вигляді сигналів. У таких системах сигнали також формуються за допомогою кодів у вигляді, як правило, різних електричних процесів.

При цьому виконуються такі основні операції з інформацією:

- збирання (сприйняття, прийом, зчитування);
- обробка (можуть здійснюватися різні операції обробки);
- перетворення з одного виду в інший вид;
- зберігання (запис);
- передача між різними елементами системи;
- відображення (для можливості її сприйняття у зручному для нас вигляді – наприклад, на дисплеї).

Для виконання кожної операції на сьогодні розроблено готові спеціалізовані модулі, які ми використовуємо при розробці та побудові САК. Основними із таких модулів є:

- **сенсори та датчики;**
- **джерела сигналів** (наприклад, генератор тактових імпульсів);
- **кабелі та провідники**, які формують канали і лінії передачі сигналів;

- приймачі;
- пристрої відображення інформації.

### 5.3. Сигнали в системах автоматичного керування

**Основний метод більшості дій з інформацією технічних систем зв'язаний з електричними сигналами.**

Технічні системи використовують три базові види електричних сигналів у вигляді змін сили струму або величини напруги : аналогові, імпульсні, та цифрові.

**Аналогові електричні сигнали – це неперервні зміни електричної напруги чи струму з часом (рис. ).** Назва аналоговий походить від того, що такі сигнали часто є аналогами реального фізичного процесу. Пристрої електроніки, які виконують різні операції з такими сигналами, називають аналоговими пристроями. Most of the environmental sensors (наприклад, temperature, light, pressure sensors) communicate with microcontrollers using analog signals.

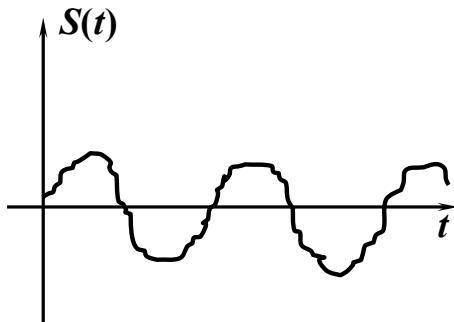
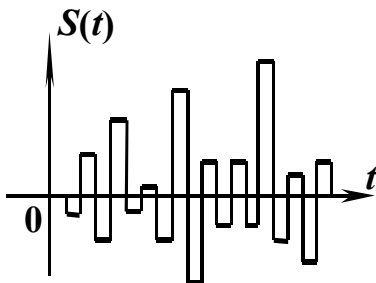


Рисунок – Осцилограми аналогових сигналів

**Імпульсні електричні сигнали – це зміни електричної напруги чи струму у вигляді окремих дискретних імпульсів, амплітуда яких може бути різною (рис. ).**



## Рисунок – Осцилограми імпульсних сигналів

Основними параметрами імпульсних сигналів є:

- амплітуда імпульсів  $U_0$ ;
- період слідування імпульсів  $T$ ;
- частота слідування імпульсів  $f = 1/T$ ;
- кругова частота слідування імпульсів  $\omega = 2\pi f$ ;
- тривалість імпульсів  $\tau$ ;
- шпаруватість сигналу  $s = (T - \tau)/T$ .

**Цифрові сигнали, це імпульсні дискретні сигнали, у яких амплітуда імпульсів може приймати два обмежені значення в чітко визначених межах: (рис. ).**

## Рисунок – Осцилограма цифрового сигналу

**Крім того, цифровим сигналам завжди можна поставити у відповідність математичний цифровий двійковий код.**

Сигнали є корисними процесами, які несуть неспотворену інформацію. Одночасно влюбій технічній системі діють шуми та завади. Це такі шкідливі матеріальні процеси, які спотворюють та руйнують інформацію.

**Шуми, це шкідливі електричні процеси, які, як правило, виникають у самій технічній електронній системі.**

**Завади, це шкідливі електричні процеси, які привносяться в дану електронну систему від оточуючих сторонніх об'єктів.**

За характером змін у часі аналогові сигнали можуть бути **постійними та змінними**. Наприклад, основним джерелом електричної енергії для нас є стандартна мережа змінного струму. У ній (наприклад, у електричній розетці) величина ЕРС весь час змінюється за законом, який описується математичною функцією  $\sin(t)$ . У сучасних САК дуже широко використовуються і аналогові змінні сигнали, осцилограми яких описуються такою ж функцією (рис. ). **Такі сигнали, які змінюються у часі за законом  $\sin(t)$  (або  $\cos(t)$ ), називають гармонічними.**

**У загальному вигляді гармонічний сигнал математично можна описати такою функцією:**

$$s(t) = S_c + S_0 \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0).$$

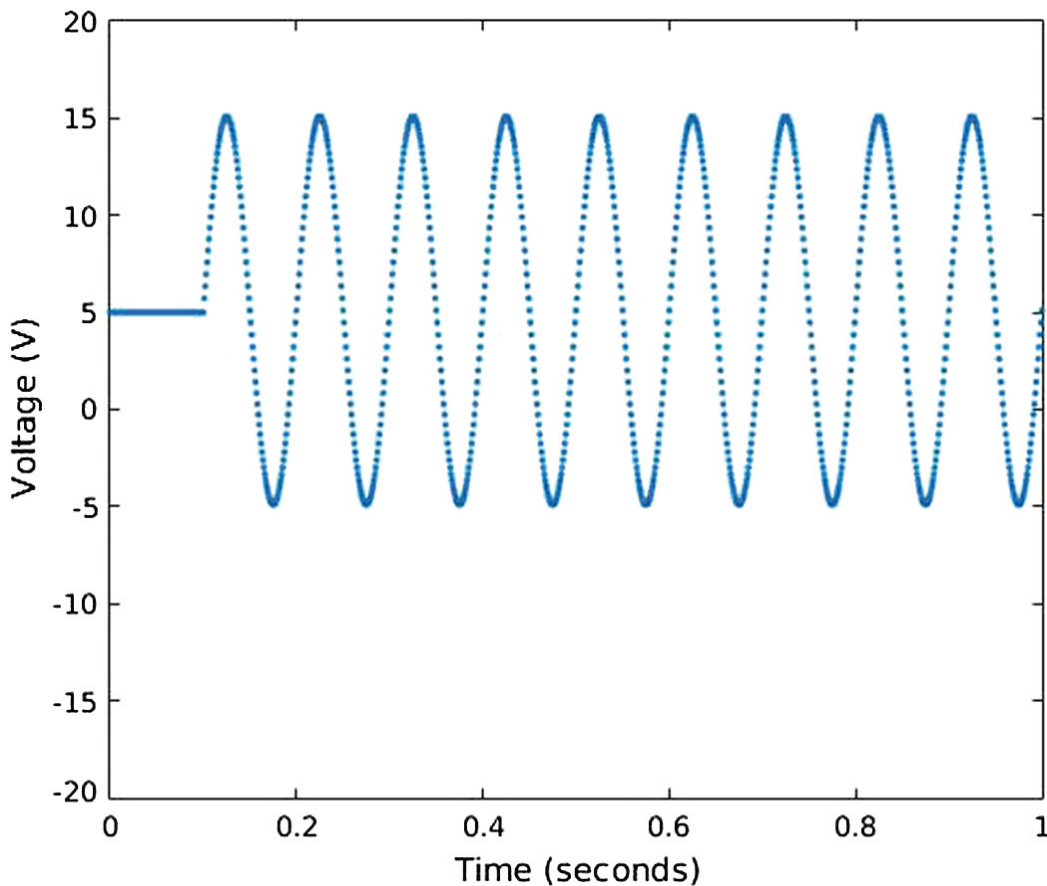
Як видно із наведеної формули, такі сигнали мають кілька основних параметрів (рис. ):

$S_c$  – постійна складова гармонічного сигналу;

$S_0$  – амплітуда гармонічного сигналу;

$\omega$  – кругова частота (із нею зв'язана частота та період гармонічного сигналу за співвідношеннями, які наведені вище);

$\varphi_0$  – початкова фаза.



зако

Рисунок – Осцилограма гармонічного періодичного сигналу із такими параметрами:  $S_c = 5$  В;  $S_0 = 10$  В;  $T = 0,1$  с;  $f = 10$  Гц;  $\omega = 62,8$  рад/с;  $\varphi_0 = 0$

Як нам відомо, гармонічні сигнали є періодичними. Тобто, їх форма постійно повторюється в часі із певним періодом  $T$ . Періодичними можуть бути не лише гармонічні сигнали. Зокрема, вище наведено осцилограма періодичного імпульсного сигналу. У загальному ж періодичні сигнали можуть мати різний

функціональний характер, тобто описуватися різними неперервними та дискретними математичними функціями.

На закінчення відмітимо, що в електроніці часто вважають однаковими терміни «осцилограма сигналу» та «сигнал». Так, на рис. наведено осцилограми двох періодичних гармонічних сигналів із різною частотою (або періодом). Але можна сказати й так: на рис. наведено два гармонічні сигнали.

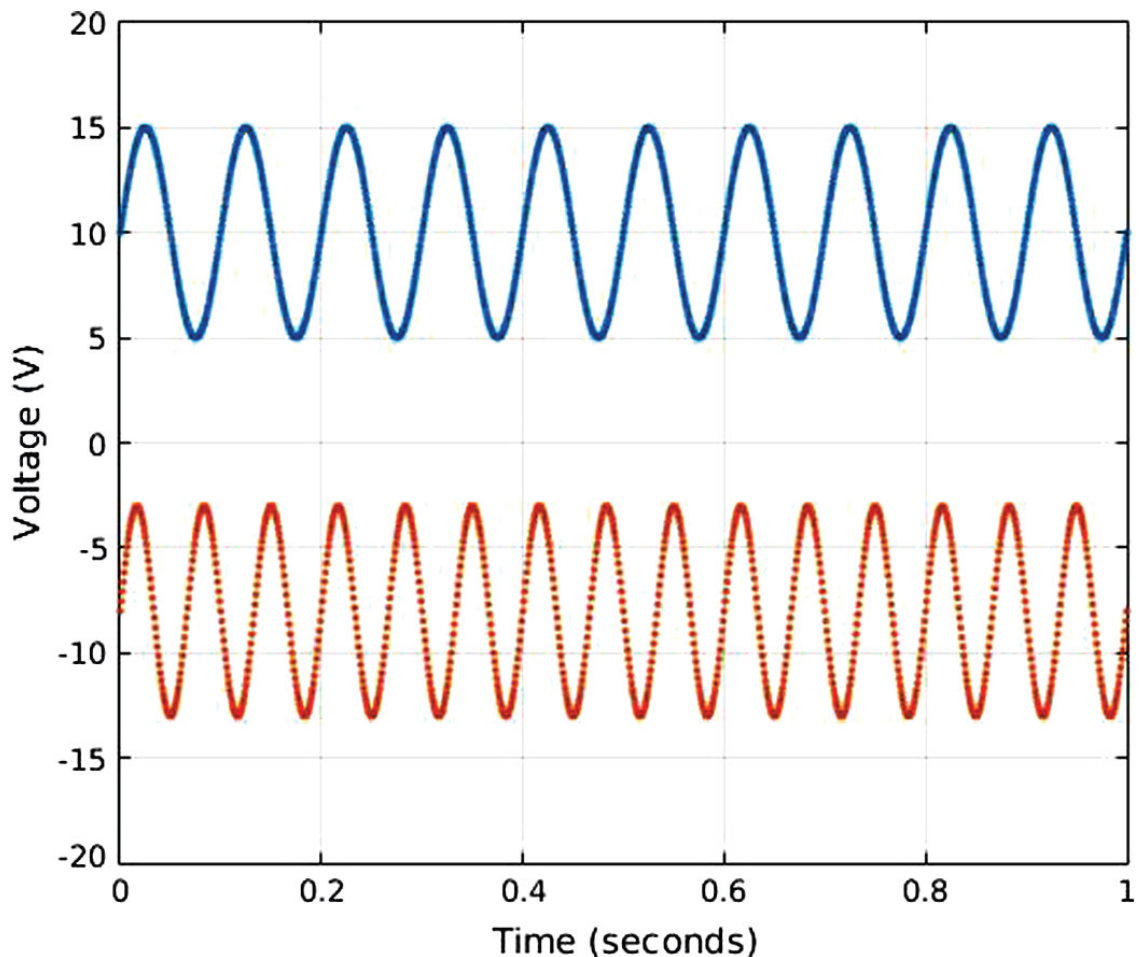


Рисунок – Осцилограми двох гармонічних сигналів. Зверніть увагу на різницю частот верхнього і нижнього сигналів

Крім наведених вище, у САК використовують й інші сигнали, з якими ви познайомитеся при вивченні послідуєчих фахових дисциплін.

У таблиці 5.1 наведено порівняння різних видів сигналів АС.

Таблиця 5.1 - Переваги цифрових сигналів – основа сучасних і майбутніх системи автоматизації

<b>Аналогові</b>	<b>Імпульсні</b>	<b>Цифрові</b>
<b>Точність відображення інформації</b>		
Дуже виска	З точністю до величини кроку квантування при дискретизації інформації	
	Крок обмежується роздільною здатністю імпульсних пристроїв	Крок обмежується максимальною розрядністю кодових комбінацій
<b>Точність виконання функцій та операцій перетворення інформації</b>		
Дрсить обмежена за рахунок сильного впливу зовнішніх умов, шумів та завад	Значно вища стійкість до впливу зовнішніх умов, шумів та завад	Максимальна точність виконання операцій
<b>Швидкодія</b>		
Максимальна швидкодія, оскільки безпосередньо брробляють інформацію	При однаковій елементній базі поступаються аналоговим пристроям. При спеціалізованій елементній базі зрівнюються з ними.	За рахунок надвисоких тактових частот та багатоканальних сучасних систем швидкодія порівняна з аналоговими системами
<b>Завадостійкість</b>		
Низька	Середня	Максимально можлива
<b>Уніфікація</b>		
Дуже низька, оскільки для кожної функції потрібна своя мікросхема. Самі мікросхеми кожного типу можуть будувати-ся на різних принципах	Середня	Висока за рахунок використання лише кількох БЛЕ, побудованих на одному типі транзисторів
<b>Використання спеціалізованих мікросхем</b>		
При використанні мікросхем доводиться вводити багато навісних елементів (резистори, конденсатори та інше) зовнішньої комутації	Кількість зовнішніх навісних елементів невелика	Навісних елементів дуже мало
<b>Збереження інформації</b>		

Вимагають створення спеціальних пристроїв зберігання інформації		Є широкий набір простих пристроїв постійної та динамічної пам'яті
Масогабаритні показники		
Великі	Середні	Малі габарити й маса
Надійність		
Низька	Середні	Висока
Вартість		
Висока	Середня	Низька
Основні галузі застосування		
Радіо, телебачення, зв'язок, вимірювальна техніка, побудова техніка. Витісняється все більше цифровою технікою.	Телебачення, радіолокація, релейні системи управління, джерела живлення. Найменш поширені.	Найбільш широке застосування у всіх галузях.

#### 5.4 Коди та кодування в системах автоматичного керування

Основне завдання при «спілкуванні» людини з технічними системами полягає в перетворенні людських мовних сигналів в електричні і навпаки. Такі перетворення здійснюються не напряму, а за допомогою математичних «посередників». Основою для них є двійкова система числення.

Головні етапи перетворення мовних сигналів в електричні та навпаки:

1. Кожний знак мови замінюється математичним двійковим кодом відповідно із встановленими кодовими таблицями. У результаті **кожному знаку людської мови відповідає певна кодова комбінація двійкових цифр**. Наприклад, літері А згідно з кодовою таблицею відповідає кодова комбінація 10110010. Порядковий номер кожної двійкової цифри в кодовій комбінації називають розрядом. Кількість цифр  $n$  у кодовій комбінації називають розрядністю коду. Зокрема, наведений код для літери А є 8-розрядний ( $n = 8$ ), тобто він має 8 розрядів.

2. Всі чисельні фізичні величини, які підлягають інформаційній обробці, виражаються у двійковій системі числення.

3. Значенню цифри «0» двійкового коду кладуть у відповідність імпульс напруги малої величини. Значенню ж цифри «1» двійкового коду кладуть у відповідність імпульс напруги великої величини.

### **Короткий тлумачний словник до теми 5**

**Тактова частота мікропроцесора МК (microprocessor clock frequency)** – частота слідування електричних імпульсів, які синхронізують виконання всіх операцій мікропроцесором МК.

**Алгоритм** – логічна послідовність тих дій, які має виконати система автоматизації.

**Програма** – впорядкована сукупність команд керуючого пристрою, яка забезпечує виконання певного алгоритму.

**Шина** – системи функціонально взаємозв'язаних провідників по яких передається інформація між компонентами електронної схеми або подається електрична енергія до них.

**USB (Universal Serial Bus)** – універсальна послідовна шина (для послідовного інтерфейсу UART).

**Послідовний спосіб передачі інформації** – така передача інформації, при якій імпульси цифрового сигналу (або кодові символи) передаються по одному провіднику один за другим.

**Інтерфейс** – система пристроїв, яка з'єднує два прилади і призначена для узгодженого обміну інформацією між ними.

**UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)** – універсальний асинхронний послідовний прийомо-передавач. Це інтерфейс, який використовується для взаємозв'язку між різними пристроями систем автоматизації, зокрема, для підключення модулів Arduino через USB-порт до комп'ютера.

**TTL-логіка** - транзисторно-транзисторна логіка (**Transistor-Transistor Logic**). Один із стандартів побудови електронних мікросхем, який визначає особливості їх застосування в різних електричних схемах та пристроях.

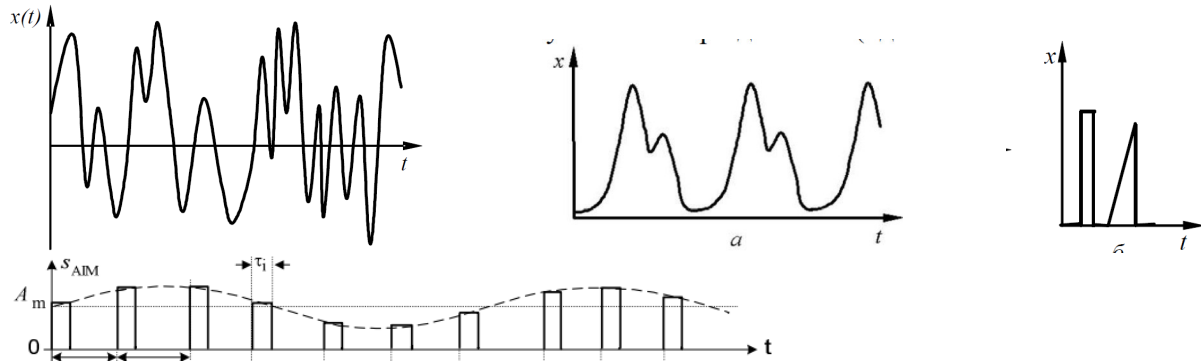
**RxD (received data)** – лінія отримання даних.

**TxD (transmitted data)** – лінія передачі даних.

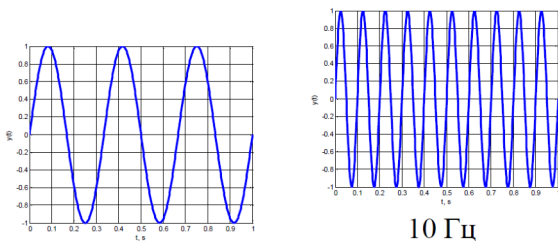
**PWM (pulse width modulation)** – широтно-імпульсна модуляція (ШІМ).

### **Завдання практичного заняття 5**

1. Охарактеризуйте особливості аналогових сигналів. Які є види аналогових сигналів?
2. Охарактеризуйте особливості імпульсних сигналів. Які є види імпульсних сигналів?
3. Охарактеризуйте особливості цифрових сигналів. Які є види цифрових сигналів?
4. Що можна сказати про наведені нижче сигнали за їх осцилограмою?



5. Визначте основні параметри сигналів за наведеними нижче їхніми осцилограмами (у вольтах). Як називають такі сигнали?



6. Наведіть осцилограму імпульсного періодичного сигналу з частотою 10 МГц, амплітудою 2 В та тривалістю імпульсів  $\tau = 0,5T$ .
7. Наведіть осцилограму цифрового сигналу з частотою 10 МГц та тривалістю імпульсів  $\tau = 0,5T$  для двійкового коду 01100101. Амплітуди цифрових імпульсів відповідають КМОН логіці.

## ЧАСТИНА 3 МОДУЛЬНА ПЛАТФОРМА ARDUINO

**Передбачає наявність на руках реального модуля.**

### 6 ПЛАТФОРМА ТА МОДУЛІ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ ARDUINO

На сьогодні існує кілька початкових навчальних платформ навчання фаху автоматизації. Однією з поширених є платформа Lego Education. Вона організована на тих же принципах, що і серія дитячих конструкторів фірми «Lego». У результаті для неї характерні замкнутість та обмеженість сфери застосування. Це обумовлено використанням у платформі Lego Education обмеженого набору фірмових комплектуючих, які не сумісні з жодною іншою сучасною електронною системою. Тому зібрані конструкції даної платформи можна застосувати виключно в межах навчально-розважальних проектів Lego Education.

Таким чином, сучасна платформа Lego Education є системою, яка замкнена сама в собі. Набуті навички технічного конструювання та прикладного програмування на цій платформі мало застосовні за її межами. При роботі з Lego Education студенти не набувають нових знань в області фізики, техніки, електрики, електроніки, написання програм та інше. Крім того, будучи переважно комерційним продуктом, платформа Lego Education має високу вартість.

Іншою широко поширеною є платформа Arduino, яка має значно ширше направлення на вивчення сучасної автоматизації. Дана платформа розпочала своє «життя» у 2005 році як інструмент для навчання студентів Інституту італійського міста Ivrea) і швидко знайшла міжнародне визнання.

#### 6.1 Особливості платформи Arduino

Для вивчення теоретичних принципів та набуття практичних навичок створення різних за складністю сучасних систем автоматизації в навчальному процесі за спеціальністю широко використовується платформа фірми Arduino. Її застосування повністю відповідає модульному принципу побудови АС, який ми розглянули а

попередніх темах. Зокрема, особливостями та перевагами платформи Arduino є:

- не потрібен спеціальний пристрій для зв'язку МК модуля Arduino з комп'ютером або іншим пристроєм розробки програми (ноутбук, смартфон та інше);

- у модулях є найпоширеніші на сьогодні готові засоби зв'язку через порт USB з іншими пристроями;

- проста програмна оболонка для роботи з модулями;

- простота класичного програмування на мові C++ із спрощеним використанням для початківців багатьох функцій;

- повністю відкритий програмний ресурс;

- програмне забезпечення Arduino оснащено досить широкою колекцією бібліотек прикладних програм та проектів;

- можливість використання програмного забезпечення із більшістю сучасних операційних систем;

- можливість авторського розширення наявних прикладних програм та проектів до безмежності в найрізноманітніших напрямках будь-якої сфери діяльності;

- у інформаційному просторі є безліч ідей та проектів – дуже широке (можливо навіть занадто широке) інформаційне поле;

- доступна допомога фахівців електроників та програмістів всього світу, які створили на основі платформи Arduino ціле товариство;

- наявність великої кількості додаткових функціональних модулів та плат розширення, які виконують найрізноманітніші функції;

- сумісність практично з будь-якими сучасними електронними компонентами;

- при роботі з модулями є можливість проявляти елементи творчості (обдумувати етапи роботи, самому збирати схему, уважність, акуратність, прості знання фізики та електроніки, вміння виконувати прості технологічні операції – паяти, клеїти, свердлити, кріпити та інші);

- допомагає перейти в майбутньому до більш серйозного вивчення вказаних вище сфер діяльності та обдуманого вибору професії;

- у процесі навчання набуваються знання та навички в області сучасних електроніки, інформатики, фізики, математики,

конструювання, технологій, програмування, розв'язку нештатних технічних задач,

- низька вартість модулів та плат розширення, у порівнянні з подібними іншими платформами.

У цілому, платформа Arduino об'єднує три основні творчі напрямки: електроніку, механічне конструювання та програмування. З її допомогою розробляються різні діючі «живі» моделі, відпрацьовуються всі тонкощі технічного програмування на мові C++, проектуються друковані плати електроніки, монтуються досить складні електронні схеми. А конкретне прикладне використання Arduino цілком залежить від нас – починаючи від найпростішого керування світлодіодами до складних моделей дронів та роботів.

## **6.2 Модулі мікроконтролерів платформи Arduino**

Базовими модулями платформи Arduino є плати МК. Вони містять у своєму складі той або інший за функціональною "потужністю" МК та набір електронних компонент, які значно спрощують інтегрування даного МК в автоматичні пристрої.

Найпростішим із модулів МК ряду Arduino є Arduino Nano CN340 (або Genuine Arduino Nano) (рис. 6.1). Надалі позначатимемо ці модулі як N340. Такі модулі оптимально підходять для безпечного макетування найпростіших пристроїв автоматизації та керування зовнішніми споживачами.

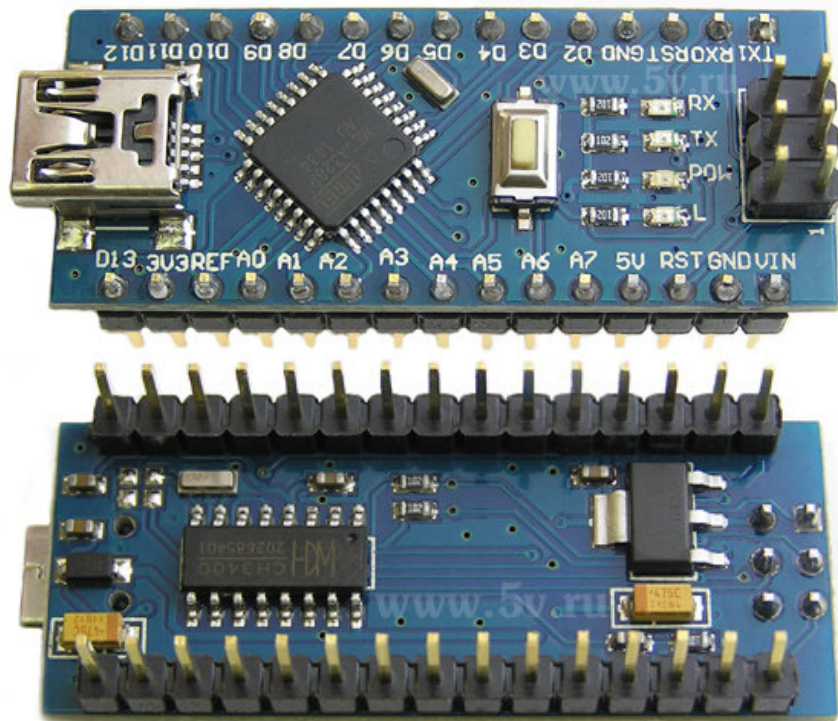


Рисунок 6.1 – Зовнішній вигляд з двох боків плати модуля N340

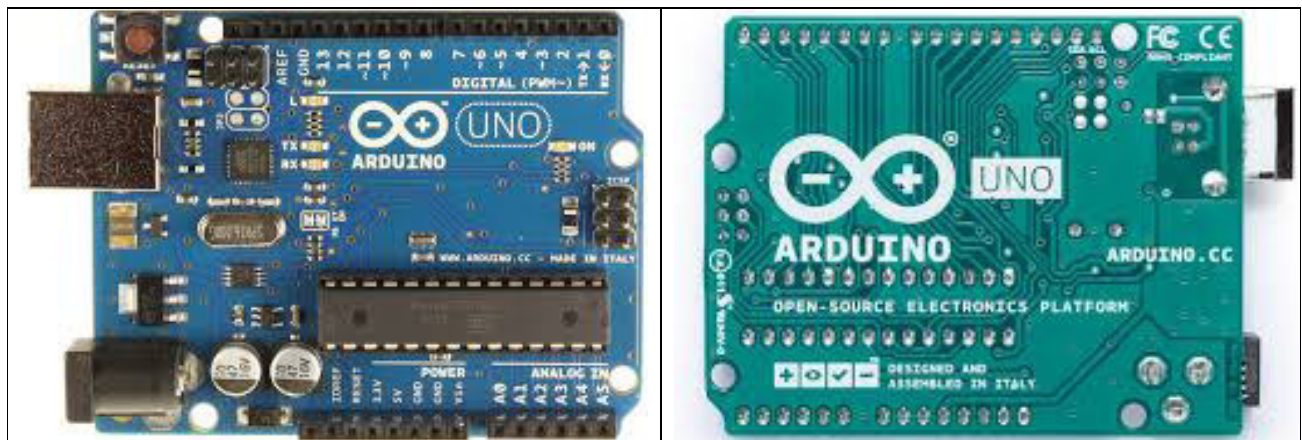


Рисунок 7.2 – Зовнішній вигляд плати модуля Arduino UNO UR3 з обох боків

Для вивчення принципів побудови більш складних систем автоматизації у вищій школі доцільно застосовувати і більш складні модулі, наприклад, Arduino Uno R3, які позначатимемо UR3 (рис. 6.2) або ще більш потужні модулі МК даної платформи, наприклад, Arduino Mega.

### 6.3 Елементи спілкування технічних систем

Для того, щоб з розумінням сприймати особливості функціонування МК, слід коротко нагадати деякі поняття представлення інформації в технічних системах. За визначенням: **елементарна подія – будь-яка подія в технічній системі або оточуючому її середовищі, реалізація якої дає лише одну із двох можливих відповідей: «Ні!» або «Так!»**. При цьому говорять, що реалізація такої елементарної події (або отримання конкретної відповіді на таку подію) містить 1 біт інформації. Наприклад, «розумному» технічному роботу озвучують елементарну подію у вигляді фрази «Я чоловік.» Робот оцінює свого співрозмовника і «промовляє» якусь одну відповідь із двох наведених вище. Інший приклад – МК постійно опитує датчик хімічного реактора, чи температура технологічного процесу знаходиться в дозволеному діапазоні. І датчик постійно передає мікроконтролеру одну із двох наведених вище відповідей.

Можливі різні представлення двох результатів реалізації елементарної події.

1. Представлення мовою математики через дві цифри: 0 та 1. Математика, яка оперує лише з цими двома цифрами, називається двійковою.

2. Представлення мовою логіки через два терміни: або FALSE та TRUE, або логічний 0 та логічна 1, або «0» та «1».

3. Представлення результату технічним елементом мовою сигналів через величину напругу на певному піні: 0 В та +5 В.

4. Представлення результату технічним елементом мовою сигналів через умовний рівень напруги на певному піні: або LOW та HIGH, або рівень «0» та рівень «1».

У технічних системах необхідно обробляти не тільки елементарні, а й більш складні події або проводити операції з різними даними, які містять об'єм інформації значно більший 1 біта. У такому випадку використовуються методи двійкової математики – математики з використанням двійкової системи числення. Для спрощення технічної реалізації різних інформаційних елементів певної автоматичної системи для всіх таких елементів приймають фіксовану розрядність двійкових чисел. Зокрема, для модулів МК UR3 характерне представлення всіх даних у вигляді 8-розрядних двійкових чисел. Тобто розрядність всіх двійкових чисел, які являють

собою оброблювальні МК дані, є 8. Тому такі модулі ми називаємо 8-бітними.

Проявом двох форм представлення даних у бітах і байтах є технічна організація пристроїв вводу та виводу інформації модуля UR3 у вигляді числових портів. Кожен такий порт є 8-бітним, що технічно організовано як 8 окремих пінів даного порту. Позначають цифрові порти літерою D.

У кожному цифровому порті кожен пін можна використати для обміну даними між МК і зовнішніми пристроями у вигляді окремих бітів. Така **форма побітної передачі даних через одну електричну лінію зв'язку (через один провідник) називають послідовною** (рис.).

Також можна одночасно задіяти всі 8 пінів порту для обміну даними у вигляді цілих байтів. Для цього слід задіяти цілий канал зв'язку із 8 окремих електричних ліній (рис.). У результаті дані передаються і отримуються пристроями окремими байтами. Така **форма побайтової передачі даних через канал із восьми ліній зв'язку називають паралельною** (рис.).

МК модуля Arduino Uno є 8-бітний. Це вказує на те, що його мікропроцесор може обробляти дані лише у вигляді 8-розрядних кодів. Відповідно, його шина даних є 8-ми розрядною. При цьому в середині МК дані передаються лише за **паралельним стандартом – електричні сигнали одночасно передаються по всіх 8 окремих лініях шини даних**.

Якщо пристрій має кілька цифрових портів, то їх позначають як DA, DB, DC і так далі. Конкретні піни вибраного порту тоді позначають як DA0, DA1, DA2, ..., DA7 – це піни цифрового порту DA. При цьому всі піни одного порту можуть працювати однією командою при обробці даних або кожен пін може функціонувати окремо і незалежно від інших пінів даного порту.

#### **6.4 Організація роботи з інформацією в мікроконтролерах**

Сучасні МК мають складну внутрішню структуру із взаємодіючих між собою електронних модулів та блоків. **Обмін інформацією між цими модулями проходить одночасно по трьох основних шинах:**

- шина даних;
- шина адрес;

- шина команд;

Як уже відмічалось вище, дані уводяться в МК AVR-328 чи видаються від нього або побітно у вигляді окремих двійкових розрядів, або побайтно у вигляді 8-ми розрядних кодових двійкових комбінацій. Однак **обмін інформацією між внутрішніми модулями МК відбувається лише по 8-розрядній шині даних**. На платі модуля МК ця шина представляється відповідними цифровими портами. У внутрішній структурі МК шина даних служить для обміну всіма його модулями оброблювальною інформацією за паралельним способом.

Кожен функціональний внутрішній блок МК має свою індивідуальну адресу, яка задається 8-ми бітним двійковим числом. При виконанні МК своєї програми адреси відповідних блоків «виставляються» на шину адрес. У кожен момент часу обробку інформації проводить лише один окремих внутрішній блок МК. Для вибору цього конкретного блоку на шину адрес подається його адреса. **Зчитуючи свою адресу з даної шини, відповідний блок МК «розуміє», що саме він має зараз сприймати інформацію з шини даних.** Тому він виконує цю функцію, тоді як всі інші блоки цю інформацію «ігнорують».

Кожен внутрішній блок МК виконують ту чи іншу операцію з обробки доступної для нього інформації. Виконання різних операцій МК забезпечується набором його команд. Кожна така команда має свій «номер» у вигляді двійкового числа. **Для виконання в поточний момент часу конкретної команди МК виставляє її «номер» на шину команд.** Зокрема, більшість МК фірми Atmel серії AVR мають внутрішню 16-розрядну шину команд. Вона забезпечує паралельну передачу тих команд, які має виконувати МК у взаємодії з іншими блоками своєї внутрішньої архітектури. При цьому той окремих блок, який вибрано МК в поточний момент часу відповідною адресою на шині адрес, отримує не тільки дані для обробки, а й інформацію про те, яку операцію слід виконати з цими даними.

#### **6.4 Модулі Arduino з МК Atmel Mega328P**

Базовим для теоретичного розгляду візьмемо модуль Arduino Nano CH340. Його основою є 8-бітний МК фірми Atmel Mega328P, виготовлений у (квадратному) корпусі 32-TQFP. Відповідно, він має 32

ніжки: по 8 на кожній стороні. Даний контролер є базою і модуля Arduino Uno. Відмітимо, що чіп цього контролера може мати й інший тип корпусу, наприклад, тип DIP. *Знайдіть даний чіп на своєму модулі. Які відмінності між корпусами TQFP та DIP?*

Більш ранні версії модулів ArduinoNano можуть бути оснащені й менш потужними МК ATmega8 або ATmega168. Однак це не буде приводити до помилок при їх використанні замість МК ATmega328, оскільки всі три модулі є 8-бітними і мають ідентичне призначення своїх ніжок.

На обох вказаних модулях необхідні для зовнішнього комутування МК 30 функціональних бічних контактів виведені на дві лінійки, розміщені на краях плати (рис. 6.1 і 6.2). *Знайди лінійки контактів зовнішнього комутування на своєму модулі.* Через ці ніжки різні сигнали виводяться від МК або подаються на нього.

На платі модуля присутні також різні окремі електронні компоненти, які виконують ряд допоміжних функцій. Таки компоненти умовно можна поділити на прості та інтегральні. До простих компонент відносяться окремі резистори, конденсатори, діоди, транзистори та інше. Однак більшість компонент сучасної електроніки САК виконують в інтегральному вигляді – мікросхеми різної складності і рівня інтеграції. Такі мікросхеми монтується у спеціальні корпуси, які можуть бути різного типу – раніше ми знайомилися з корпусами типу TQFP та DIP.

Прикладом простих компонентів плати модуля МК Arduino можуть бути 4 світлодіоди-індикатори (рис. 6.1 і 6.2):

- світлодіодний індикатор POW (Power), який інформує про підключення до модуля джерела живлення;

- світлодіодний індикатор L, підключений до одного із цифрових вихідних контактів (для модуля N340 це контакт D13), який інформує про наявність сигналів на даному виході. Часто цей індикатор використовують для перевірки працездатності МК. Для цього при виробництві модуля Arduino у нього записують невеличку тестову програму. При підключенні модуля до джерела живлення ця програма починає автоматично виконуватися і забезпечує мигання світлодіода L, вказуючи на справність МК.

- два світлодіоди Rx та Tx, які інформують про проходження сигналів по двох лініях зв'язку RxD (лінія отримання даних, received

date) та TxD (лінія передачі даних, transmitted date) послідовного інтерфейсу. Дані два світлодіоди блимають під час функціонування порту USB модуля Arduino. Зокрема, за їх мигтінням можна перевіряти, чи відбувається завантаження програми від комп'ютера до МК або чи йдуть сигнали від МК до комп'ютера.

*Знайди описані світлодіоди на своєму модулі.*

Інші пристрої та компоненти відповідного модуля МК платформи Arduino будемо вивчати в наступних темах і при виконанні практичних та лабораторних робіт.

## **6.5 Кола живлення модулів мікроконтролера Arduino**

Сучасна електроніка є вагомою складовою сучасних АС. При дослідженні та проектуванні електронних схем важливим елементом є їхнє зображення за допомогою умовних позначень у вигляді електричних принципівих схем. Тому практичне знайомство з модулем МК N340 ми також продовжимо на його електричній принципівій схемі, яка наведена на рис. 6.3. При цьому відмітимо, що дана принципова схема є ілюстративною і виконана без строго дотримання вимог відповідних стандартів. Для інших типів модулів МК електрична принципова схема може відрізнятися деякими відмінностями, але базові принципи побудови таких модулів відображені на рис. 6.3.

*Знайди в інформаційних джерелах електричну принципіву схему свого модуля МК.*

Із призначенням конкретних пінів модуля та з особливостями сигналів на них ми будемо знайомитися поступово при виконанні майбутніх практичних та лабораторних робіт.

Як і для всіх інших активних електронних схем, для функціонування N340 необхідно використовувати зовнішнє джерело живлення електричною енергією. Для живлення всіх активних електронних компонентів модуля МК 328 використовується стабільна постійна ЕРС +5 В. Ці кола на схемі (для модуля N340 рис. 6.3) накреслені червоним кольором. Відмітимо, що напруги живлення на компонентах модуля задаються позитивним потенціалом на відповідних клеммах за стандартним варіантом відносно загальної шини «корпус».



Кола живлення при даному способі розпочинаються з відповідного пину USB-рознімача, на який від комп'ютера подається ЕРС +5 В.. Цей пін з'єднаний з входом блоку контролю живлення, який може бути побудований на різних електронних компонентах – діодах Шотки, польових транзисторах, операційних підсилювачах. Зокрема, на рис. 6.3 наведена схема блоку контролю живлення на основі діода Шотки SD101CWS. З виходу цього блоку живлення +5 В подається на активні компоненти модуля.

У модулі Arduino UNO лінія живлення від USB порту захищена відновлюваним запобіжником. При перевищенні силою струму в цій лінії величини 500 мА буде спрацьовувати захист. Однак у окремих випадках можуть руйнуватимуться і кола живлення USB-порту комп'ютера.

**Другий спосіб** – під'єднання до плати зовнішнього окремого джерела живлення через пін модуля VIN (з ЕРС від +6 В до +12 В). При живленні плати від зовнішнього джерела з такими ЕРС, в ній передбачено перетворення більш високих ЕРС до величини +5 В та стабілізація такого рівня напруги. Ці функції виконує окремий блок, який також може бути побудований на різних електронних компонентах. На рис. 6.3 дану функцію використовує мікросхема лінійного стабілізатора LM1117-5.0 SOT-223 5,0 В з вихідним струмом до 800 мА.

У якості зовнішнього джерела живлення можна використати мережевий АС/DC-адаптер ("зарядку") або акумулятор. На деяких модулях N340 вже є вмонтований рознімач для підключення штекера адаптера. Як правило, це стандартний рознімач під штекер діаметром 2.1 мм. Позитивний полюс на ньому – це центральний контакт штекера.

При використанні акумулятора його відповідні клеми слід з'єднати з пінами GND та VIN модуля.

ЕРС зовнішнього джерела може бути в межах від +6 до +20 В. Однак, у процесі роботи зменшення напруги живлення модуля нижче +7 В може призвести до його нестабільної роботи. У свою чергу, використання ЕРС більше +12 В може приводити до перегріву стабілізатора напруги й виходу модуля з ладу. Тому для стабільної довготривалої роботи модуля N340 рекомендують застосовувати

джерела живлення з ЕРС від +7 В до +12 В. Зокрема, штатний АС/DC-адаптер для модулів Arduino має ЕРС +9 В.

**Третій спосіб** живлення – під'єднати зовнішнє джерело необхідної стабілізованої ЕРС +5 В через одноіменний контакт плати N340.

Відмітимо, що N340 автоматично перемикається на зовнішнє живлення від контактів VIN або +5 В, якщо на них з'являється відповідна напруга. Цю функцію виконує відповідний блок керування, наприклад, діод SD101CWS на схемі рис. 6.3. Відмітимо, що на цьому діоді утворюється спад напруги, менший 0.5 В, який слід враховувати при виборі джерела живлення.

Модуль МК має також окремий пін, на якому формується стабільна ЕРС +3,3 В. Кола цього піна розраховані на максимальний струм біля 50 мА.

Надалі в різних проектах ми будемо використовувати різні способи живлення модулів МК Arduino.

## 6.6 Основні параметри модулів Arduino Nano і UNO

Наведемо основні параметри досліджуваного модуля, більшість із яких визначаються саме параметрами МК, який входить до складу відповідного модуля. У нашому випадку це модуль 8-ми бітного AVR МК сімейства ATmega328P:

- рекомендована напруга живлення на вході модуля VIN: від +5 В до +6 В;

- гранично допустима напруги живлення на вході VINmax: +12 В;

- загальна кількість контактів входу/виходу сигналів: 22 (подумай, чому не 30, як кількість ніжок модуля?);

- кількість звичайних входів/виходів цифрових сигналів: 14 – зокрема, це контакти, які позначаються літерою D (порахуй на своєму модулі контакти з літерою D; чи їх кількість рівна 14? помічаєш якусь невідповідність?);

- кількість контактів, які дозволяють виводити PWM (pulse width modulated, широтно-імпульсно модульовані, ШІМ) сигнали: 6 – це частина із вказаних вище входів/виходів цифрових сигналів;

- кількість входів аналогово-цифрових перетворювачів (АЦП): 6 – зокрема, це контакти, які позначаються літерою А (порахуй контакти

з літерою А на своєму модулі; чи їх кількість рівна 6? помічаєш якусь невідповідність?);

- максимально допустимий постійний неперервний вихідний струм через один пін (контакт): 20 мА;
- БРПЗП (Flash Memory): 32 кБайт, із яких до 2 кБ може використовувати завантажувач програм (bootloader);
- ОЗП (SRAM): 2 кБайт;
- енергонезалежна пам'ять EEPROM: 1 Кб;
- тактова частота мікропроцесора МК: 16 МГц (стабілізована кварцовим резонатором);
- розміри: 45 мм x 18 мм (для модуля N340);
- відстань між контактами бокових лінійок: 2,54 мм (дюймова система одиниць лінійних розмірів);
- відстань між лінійками ніжок: 15мм (для модуля N340);
- вага модуля: до 8 г (для модуля N340).

Надалі для електронних контактів різних електронних модулів будемо використовувати термін «пін».

Частина пінів модуля МК може мати й додаткові функції. Основні із них наведені на рис. 6.4.

**Піни послідовного порту UART 0 (Rx)** для отримання сигналів і 1 (Tx) для передачі сигналів. Ці піни під'єднані до відповідних ніжок мікросхеми-моста USB-UART узгодження сигналів МК із сигналами комп'ютера. При використанні даних пінів для передачі чи отримання даних відповідні світлодіоди модуля МК не задіюються для індикації.

**Піни зовнішнього переривання 2 і 3.** Програмно ці піни можуть бути встановлені на отримання вхідних сигналів, за якими переривається виконання програми МК. У якості переривання може бути запрограмований:

- сигнал низького рівня;
- наростаючий фронт сигналу;
- спадаючий фронт сигналу;
- зміна рівня сигналу.

**Піни послідовного цифрового інтерфейсу SPI (Serial Peripheral Interface):** 10(SS), 11(MOSI), 12(MISO), 13(SCK). Даний порт забезпечує швидку синхронну послідовну передачу даних між МК і зовнішніми пристроями (датчиками, пам'яттю та інше). Обмін даними проходить по двох незалежних каналах. Для використання даного інтерфейсу в

оболонку Arduino IDE має бути встановлена відповідна бібліотека. Піни цього інтерфейсу виведені на окремий роз'єм ICSP (In-Circuit Serial Programming) модуля.

**Піни комунікаційного порту TWI (Two-Wire Interface):** A4(SDA – Serial Data) і A5(SCL – Serial Clock). Цей двопровідний порт забезпечує ефективну передачу даних між МК і зовнішніми пристроями лише по двох провідниках. Він є аналогом іншого відомого порту стандарту **I2C (Inter-Integrated Circuit)**. Для роботи з цими портами в оболонці Arduino IDE слід встановити бібліотеку Wire.h.

**AREF.** Пін для подачі опорної напруги для АЦП МК.

**RESET.** Пін, за появою низького рівня на якому проходить перезавантаження програми МК.

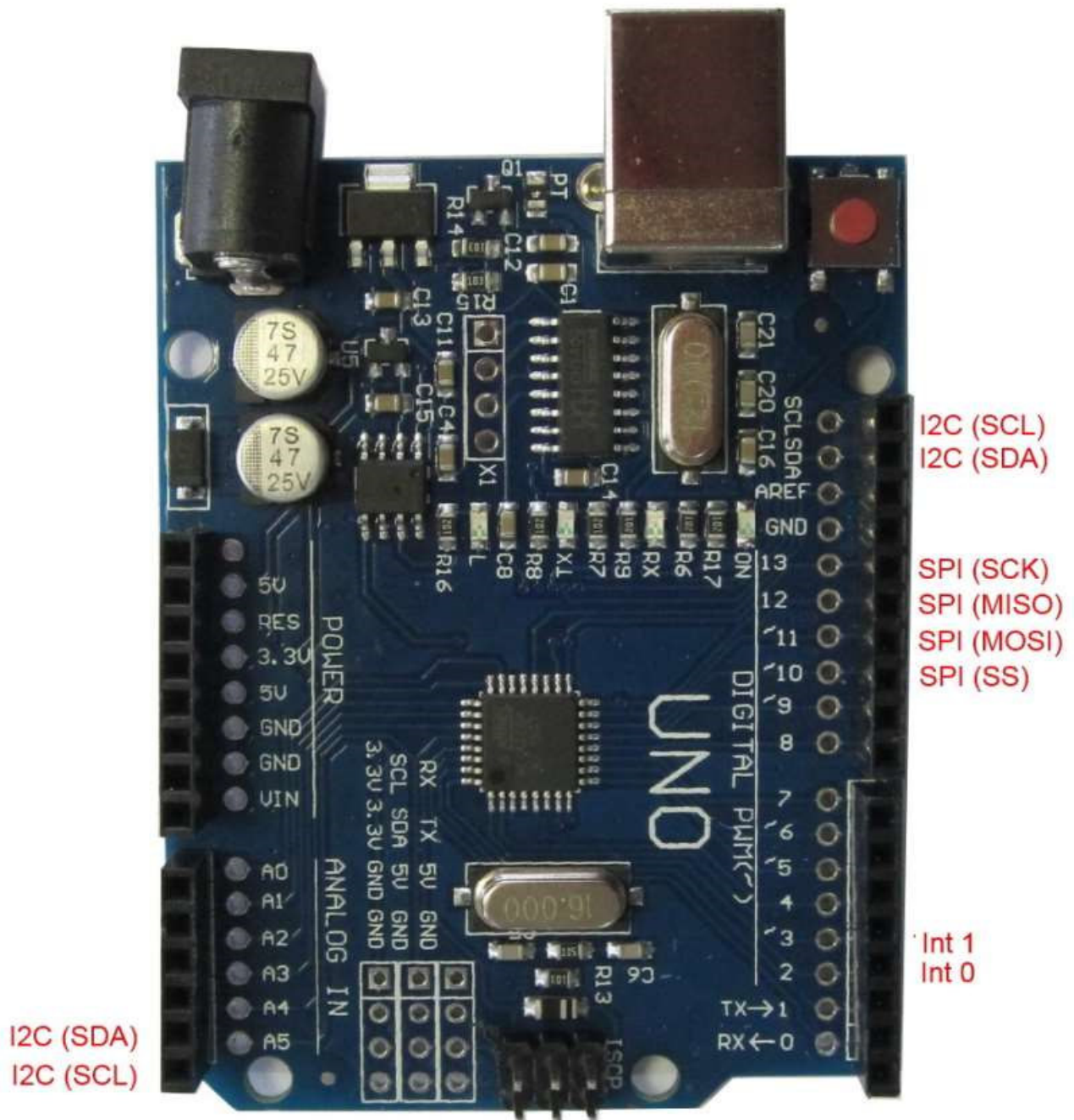


Рисунок 6.4 – Додаткові функції окремих пінів модуля МК

### 6.7 Інші модулі МК платформи Arduino

Модуль МК Arduino Uno R3 вважають базовою платою. Проте існують й інші моделі Arduino (Leonardo, Zero, 101, Due и Yun), а також інші платформи для програмування таких модулів (Photon, Intel Edison). У таблиці 6.1 наведено основні параметри багатьох різних модулів МК платформи Arduino.

Таблиця 6.1 – Модулі Arduino МК ATmega

Назва	Тип МК	F, МГц	Flesh пам'ять, кБ	SRAM, кБ	EEPROM, кБ	Аналогові входи	Цифрові (ШИМ)
Simple	328	8	32	2	1	4	9 (5)
Fio	328R	8	32	2	1	8	14 (6)
Pro	168/328	8/16	16/32	1/2	0,512/1	6	14(6)
Pro Mini	168/328	8/16	16/32	1	0,512/1	8	14(6)
Lily Pad	168/328	8	16	1	0,512	6	9(5)
Nano	168/328	16	16/32	1/2	0,512/1	8	14(6)
Uno	328	16	32	2	1	6	14 (6)
Ethernet	328	16	32	2	1	6	14 (4)
Mini	328	16	32	2	1	8	14 (6)
Lily Pad	32u4	8	32	2,5	1	4	9 + 4
Esplora	32u4	16	32	2,5	1	-	-
Robot	32u4	16	32	2,5	1	4	5 + 6
Yun, Tre	32u4	16	32	2,5	1	6	14 + 7
Leonardo, Micro	32u4	16	32	2,5	1	12	20 + 7
Tre i Leonardo	32u4	16	32	2,5	1	6	14 + 7

## 7 ПРОГРАМНА ОБОЛОНКА ARDUINO IDE

### 7.1 Проекти при роботі з модулем Arduino

При виконанні практичних, лабораторних та курсових робіт за тематикою систем автоматизації ми будемо широко використовувати такий термін як проект. Під даним терміном будемо розуміти комплексне виконання робіт з розробки певної схеми автоматизації на базі модуля Arduino, які включатимуть в себе:

- проектування, розрахунки та аналіз всіх зовнішніх електричних, електронних та технічних пристроїв системи;
- аналіз принципів та схеми підключення зовнішніх пристроїв до модуля Arduino;
- розробку програми МК для даної системи;
- перевірку працездатності та налаштування системи в цілому відповідно поставленим у завданні вимогам.

### 7.2 Комп'ютерний редактор оболонки Arduino IDE

Для створення, редагування, компіляції та виконання інших операцій з програмами для модулів платформи Arduino використовується спеціальна програмна оболонка – комп'ютерний редактор Arduino IDE. Процес інсталяції даної оболонки на комп'ютер вивчатимемо в рамках виконання окремої практичної роботи.

Головне початкове вікно редактора при його запуску наведено на рис. 7.1. Текст програми МК створюється безпосередньо в даному **головному вікні редактора**. Процес написання програми в цьому вікні аналогічний роботі у звичайному текстовому редакторі. Але його особливістю є наявність кольорової «підсвітки» головних текстових конструкції коду та підтримка синтаксису мови програмування C++. Зокрема, основними елементами кольорової «підсвітки» є (див. рис. 7.1):

- бірюзовий колір – зарезервовані або службові терміни;
- зелений колір – імена службових підпрограм або процедур;
- червоний колір – імена операторів або команд.

Зверху головного вікна розміщується **базове меню** редактора Arduino IDE, яке містить такі головні елементи (у дужках вказані можливі варіанти, які можуть бути наведені російською чи англійською мовами):

- файл;
- правка;
- ескізи (скетч);
- інструменти (сервіс);
- допомога (довідки).

Скетчами називають програми, які створюються в середовищі розробки Arduino IDE. Скетчі пишуться в текстовому редакторі даного середовища та зберігаються в файлах з розширенням \*.ino.

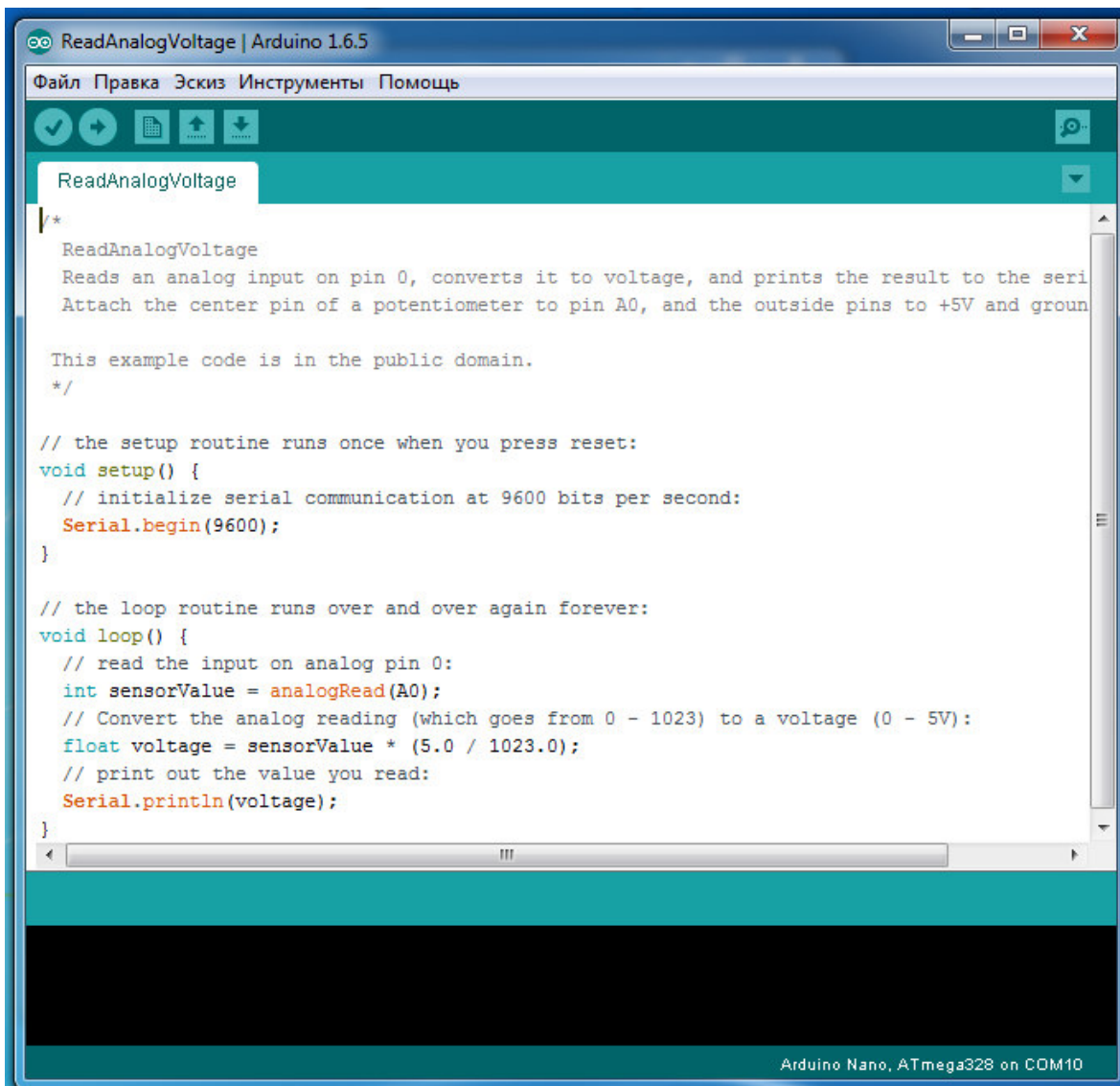


Рисунок 7.1 – Головне меню редактора програм Arduino IDE

Розглянемо коротко призначення кожного елемента базового меню. Бігато із них є загальноприйнятими традиційними елементами сучасних комп'ютерних програм. Детально із кожним елементом меню ми будемо знайомитися у процесі виконання послідовних практичних та лабораторних робіт.

**У розділі «Файл»**, зібрано такі команди керування.

Створити (создать) – створити нову програму (скетч).

Відкрити (открыть) – відкрити вже існуючу програму.

Папка з програмами (скетчами) – у ній можна зберігати програми.

Приклади (примеры) – тут можна відкрити приклад певної програми.

Закрити (закреть) – закрити текуче вікно програми.

Зберегти (сохранить) – зберегти зроблені зміни в раніше відкритій програмі.

Зберегти як (сохранить как) – зберегти програму під певним новим іменем.

Завантажити (загрузить) – завантажити програму в МК модуля Arduino.

Завантажити за допомогою програматора (загрузить с помощью программатора) – завантажити програму в модуль Arduino використовуючи спеціальний програматор.

Налаштування друку (настройка печати) – команда налаштування параметрів принтера.

Друк (пачать) – провести друк тексту (лістингу) програми.

Налаштування (настройки) – налаштування вікон редактора програм Arduino IDE.

Вихід (выход) – вихід із редактора Arduino IDE.

**Розділ меню «Правка»** містить набір команд, необхідних для проведення різних операцій редагування тексту програм. Основними із них є:

- копіювання фрагменту програми;
- вставляння фрагменту;
- налаштування відступів тексту програми;
- пошук фрагменту за ключовим словом.

**У розділі «Скетч»** розміщені команди для керування компіляцією програми. Основними із них є:

Перевірити/Компілювати – перевірити правильність написання тексту програми.

Показати папку зі скетчем – відкрити системну папку з готовими програмами.

Добавити файл – добавити до текучого проекту файл з іншими даними чи програмою.

Імпортувати бібліотеку – під'єднати до редактора бібліотеку із встановленими програмами.

**Розділ «Інструменти»** містить ряд допоміжних функцій для роботи із МК модуля. Сюди входять такі основні команди.

Автоформатування – автоматичне розміщення тексту програми за визначеними в редакторі правилами.

Архівувати скетч – архівувати програму із збереженням у вказаному місці.

Виправити кодування й перезавантажити.

Монітор порту – відкрити окреме вікно для обміну даними з МК.


Плата – вибір типу модуля Arduino, з яким працює в даний час редактор.

Послідовний порт – вибір COM-порту комп'ютера, до якого підключено модуль.

Програматор – вибір програматора для програмування МК модуля.

Записати завантажувач – записати програму завантажувача в МК модуля Arduino.

І, нарешті, **розділ «Довідки»** містить опис всіх функцій редактора Arduino IDE, а також опис всіх можливих команд та прийомів роботи з різними модулями Arduino.

Нижче базового меню розміщене **меню іконок** . Кожна з іконок задає виконання певної із найбільш вживаних команд, які розглядалися вище. У порядку слідування іконок ці команди такі:

- перевірити/Компілювати програму;
- завантажити програму в МК модуля Arduino;
- створити нову програму (скетч);
- відкрити вже існуючу програму;

- зберегти зроблені зміни у програмі.

Кожна програма для модулів Arduino може складатися із кількох файлів. Для переключення між цими файлами в редакторі Arduino IDE передбачена **система вкладок**. У ній можна також створювати нову свою вкладку і поєднувати з нею певний файл у папці з проектом.

Знизу головного вікна редактора Arduino IDE розміщується **вікно повідомлень**. Воно служить для виведення редактором службових повідомлень про помилки, які виникають при компіляції програми чи під час її завантаження в МК модуля Arduino.

## 8 ПРОГРАМУВАННЯ МОДУЛІВ МІКРОКОНТРОЛЕРА ПЛАТФОРМИ ARDUINO

### 8.1 Послідовний USB інтерфейс зв'язку модуля МК Arduino з комп'ютером

Слід чітко розуміти, що способи представлення даних у комп'ютері, у МК і в інших інформаційних пристроях суттєво відрізняються. Тому передача необхідних даних між цими пристроями не може проводитися напямую. Для цього слід застосовувати проміжні пристрої (наприклад, перекладачі з мови МК на мову комп'ютера та навпаки), які будуть узгоджувати між собою різні рівні сигналів та способи представлення даних.

У модулях МК для з'єднання з комп'ютером, іншими модулями Arduino й іншими МК використовують окремий інтерфейсний порт **UART** (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) -універсальний асинхронний послідовний прийомо-передавач. Термін асинхронний означає, що передача даних відбувається без синхронізації роботи з'єднаних між собою пристроїв.

Даний інтерфейс часто використовується для зв'язку різних «розумних» пристроїв між собою. Як слідує з назви, він здійснює двосторонню послідовну передачу або приймання даних між такими пристроями. Електричні сигнали такого зв'язку мають відповідати стандарту TTL-логіки із живленням +5 В.

Обмін даними в інтерфейсному порту UART проходить за допомогою двох сигналів по двох незалежних лініях (рис.): Rx – для отримання сигналів і Tx – для передачі сигналів. У такому випадку говорять, що існує повний дуплексний зв'язок. Для узгодження сигналів МК із сигналами комп'ютера використовують спеціальні мікросхеми-мости USB-UART. У модулях МК Arduino Uno у якості такої мікросхеми застосовано прилад ATmega16U2. Він використовує стандартні драйвери USB-COM, тому встановлення додаткових драйверів для роботи з модулем МК не потрібна. У системі Windows необхідна присутність лише відповідного файлу .inf.

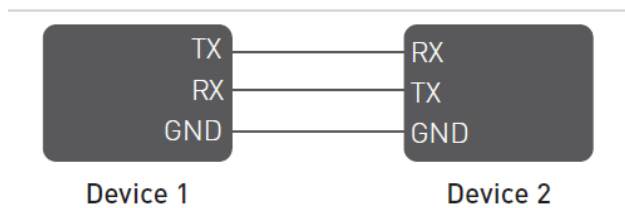


Рисунок – Схема зв'язку двох пристроїв за протоколом UART

Розглянемо застосування інтерфейсного порту UART для програмування МК.

## 8.2 Програмування модулів МК платформи Arduino

Програмування МК відповідного модуля може здійснюватися двома варіантами із різними узгоджувачами пристроями:

- через вбудований рознімач SPI-інтерфейсу для внутрішнього схемного програмування;

- через вбудований USB-інтерфейс із тим або іншим рознімачем.

Вказані варіанти не є еквівалентними за типом використаних узгоджувачих приладів.

1. Використання сигналів SPI-інтерфейсу (або ICSP-інтерфейсу) MOSI, MISO, SCK передбачає безпосереднє програмування МК. Це вимагає застосування для цього спеціального узгоджувачого приладу - програматора. Даний прилад одним рознімачем під'єднують до комп'ютера, а іншим до SPI-рознімача МК. Після цього можна завантажити програму з комп'ютера на МК за допомогою програмного забезпечення програматора. Код даної програми знаходиться у вільному доступі на відповідних інформаційних ресурсах. При цьому слід мати на увазі, що під час програмування слід подати на МК живлення від зовнішнього джерела.

2. Модуль має вбудовану в МК програму-завантажувач (bootloader), яка дозволяє завантажувати в МК новий код без використання додаткового зовнішнього програматора. Взаємодія з завантажувачем здійснюється по оригінальному протоколу зв'язку STK500. Технічно модуль МК містить перетворювач сигналів для послідовного порту USB - UART (наприклад, на базі мікросхеми-перетворювача CH340 або на базі мікросхеми спеціального контролера). Це дозволяє програмувати та оновлювати програмні прошивки МК без програматора через безпосередній зв'язок модуля

з комп'ютером за допомогою спеціального USB кабелю. Одночасно через USB порт на МК подається і живлення від комп'ютера.

За другим варіантом МК модулів платформи Arduino програмується за допомогою відповідного програмного забезпечення Arduino IDE 1.6.5. Як вже відмічалось вище, для використання дане програмне забезпечення має бути проінстальоване на комп'ютері, який планують застосовувати для зв'язку з модулями Arduino. Процес інсталяції є простим і не відрізняється від інсталяції інших комп'ютерних програм.

Візуалізацією процесу програмування через USB порт є «мигання» світлодіодів RX та TX на друкованій платі модуля МК, які показують статус ліній RX та TX мікросхеми-переворювача під час сеансу зв'язку.

Основою середовища Arduino IDE є мова Processing/Writing – це фактично звичайний C++, доповнений простими та зрозумілими функціями для управління процесами введення/виведення сигналів на пінах МК. Також оболонка Arduino IDE може підключатися до іншого програмного забезпечення комп'ютера: Adobe Flash, Max/MSP, Pure Data, SuperSollider. Програмування доступне і на основі платформи Java, особливо для тих, хто бажає програмувати анімацію та інтерфейси. Існують і візуальні середовища програмування Arduino: Scratch for Arduino, ArduBlock, Virtual BreadBord, LabVIEW.

### **8.3 Старт та рестарт програми МК**

Виконання програми керування зовнішніми пристроями виконується МК із самого початку в кількох випадках.

1. Записана у МК програма автоматично завантажується в оперативну пам'ять МК й починає виконуватися при подачі не нього необхідної напруги живлення.

2. При наявності живлення для перезавантаження програми і її чергового виконання з початку потрібно фізично натиснути кнопку Reset, яка знаходиться на відповідному модулі. Фізично перезавантаження МК відбувається завжди, якщо на його піні Reset хоча б на короткий інтервал часу тривалістю біля 1 мс з'являється напруга низького рівня (напруга біля 0 В).

3. Перезапустити програму можна і з зовнішніх пристроїв, які під'єднані до модуля. Для цього призначені два піни модуля, які мають назву RST і підключені до кола скидання МК через кнопку Reset. У цьому випадку сигнал рестарту є тотожним випадку 2, але подається він із певного зовнішнього до модуля пристрою.

4. Якщо модуль під'єднано до комп'ютера через порт, то його можна перезапустити просто натиснувши відповідну кнопку в самому програмному середовищі Arduino IDE. У цьому випадку сигнал перезавантаження буде подано від комп'ютера до МК через відповідний пін (зокрема, пін DTR драйвера CH340) і розділюючий конденсатор ємністю 0,1 мкФ. Якщо на лінії DTR встановлюється низька напруга, то на лінії RESET модуля на короткий інтервал часу (час перезарядки конденсатора – біля 1 мс) формується імпульс низької напруги, близької до 0 В. Цього короткого інтервалу часу достатньо для перезавантаження МК.

Однак такий спосіб перезавантаження має свої негативні сторони при використанні операційних систем Mac Os X або Linux. Тому в цьому випадку не бажане використання програмного перезавантаження Крім того, на платі модуля UNO існує провідна доріжка «RESET-EN», яку можна перерізати для відключення функції програмного перезавантаження. Дану функцію можна відмінити також підключенням резистора номіналом біля 110 Ом між лінією живлення і піном «RESET».

Алгоритм	Algorithm	
Логіка	Logic	
Датчик	Sensor	
Команда	Command	
Пам'ять	Memory	
Програма	Program	
Процедура	Procedure	
Функція	Function	

## 9 ЦИФРОВІ ПОРТИ МОДУЛІВ ARDUINO

### 9.1 Порти введення-виведення загального призначення модулів платформи Arduino

Одним із найбільш поширених пристроїв та приладів у мікропроцесорній техніці є порти введення/виведення різного типу даних. МК ATmega328 модулів Arduino відноситься до 8-бітних пристроїв структури ядра AVR, розрядність портів введення/виведення яких також є 8-бітною. Такий підхід є загальним принципом побудови цифрових приладів, хоча теоретично порти введення/виведення 8-бітного МК можуть бути 16-ти, 32-х і 64-и бітовим. Є й різновиди 8-ми бітних МК серії ATtiny, де бітність портів введення/виведення становить 5. Але практичного сенсу оснащувати 8-бітний МК не 8-бітовим портом вводу/виводу немає, оскільки для читання або запису даних через такий порт довелося б використовувати кілька команд процесора, а це суттєво знижує швидкодію МК.

Порти введення-виведення загального призначення (GPIO – General Purpose Input/Output) модулів Arduino є досить універсальними в різних схемах автоматизації. Вони представляють собою таку кількість входів/виходів МК, яка відповідає його розрядності. У нашому випадку це 8 пінів (Pins). Часто у технічній літературі використовують скорочення (IO pins – Input/Output pins).

Однією із особливостей будови портів сучасних МК є їх багатofункціональність. **Окремий вибраний пін порту може виконувати від 2 до 6 різних функцій з можливістю роботи як з аналоговим так і з цифровим сигналом.** Конкретна функція даного піну встановлюється відповідними інструкціями написаної програми.

### 9.2 Цифрові порти введення-виведення цифрових сигналів

Застосування цифрових портів введення/виведення цифрової інформації дозволяє реалізувати інтерфейси зв'язку між різними зовнішніми пристроями та МК. У залежності від технічних вимог

внутрішніми засобами МК можуть бути реалізовані як паралельні так і послідовні інтерфейси.

З точки зору програми для МК кожен цифровий порт – це кілька спеціальних регістрів, у кожному з яких зберігаються певні дані у вигляді 8-ми бітного коду-числа. За допомогою регістрів відбувається читання/запис даних МК. Крім цього, за допомогою регістрів також можна налаштувати стан або режим роботи портів (пінів) МК. Оскільки кожному піну цифрового порту відповідає 1 біт даних, то, відповідно, **напруга на кожному такому піні може змінюватися, приймаючи логічне значення або високий рівень (HIGH) чи низький рівень (LOW) напруги.**

Як правило, для пристроїв TTL-логіки (TTL, Транзисторно-Транзисторної Логіки) високому рівню напруги відповідає величина, менша, ніж напруга живлення МК (для напруги живлення +5В рівень HIGH лежить у межах від +3 В до +5 В). Низькому рівню LOW відповідає або потенціал загальної шини, або мала напруга в діапазоні до від 0 В до +1,5 В (для напруги живлення +5В).

Кожна цифрова лінія дозволяє пропускати струм до 40 мА та має внутрішній резистор номіналом від 20 кОм до 50 кОм. Даний резистор встановлюється програмно - за замовчуванням він вимкнений.

**Також МК може приймати третій стан – стан високоомного входу (або високоімпедансний стан), який позначається як стан High-Z.** Вказаний стан має практичне застосування у двох випадках:

- щоб убезпечити входи МК від пошкодження до моменту завантаження у МК програми керування;
- для мінімізації енергетичних затрат МК.

Для теоретичного аналізу та практичної роботи з модулем МК слід користуватися його електричною принциповою схемою. Для кращого орієнтування в сигналах, з якими працюють піни модуля, зокрема для N340 зручно користуватись схемою рис.9.1. На цих схемах видно, що цифрові порти МК напряму з'єднуються із відповідними ніжками модуля. Таким чином, стан пінів МК одночасно визначає і стан відповідних ніжок рознімачів модуля МК.

**Слід взяти до уваги,** що номери пінів портів МК не співдають із номерами самого модуля Arduino, що добре видно при порівнянні схеми рис.9.1 із принциповою схемою.



**Порт PC** - це група пінів багатofункціональних сигналів з номерами PC0 до PC5. Всі ці піни напряму з'єднані з ніжками модуля N340.

Відмітимо, що окремі цифрові піни МК можуть програмно використовуватися і для роботи з аналоговими сигналами. Дослідження таких процесів є предметом наступних лабораторних робіт.

Таким чином, модулі МК платформи Arduino мають біля 15 пінів для прямого введення та виведення цифрових сигналів при роботі із зовнішніми цифровими пристроями. І всі ці ніжки напряму з'єднуються із пінами МК.

Враховуючи те, що три 8-бітні порти МК мали б мати 24 піни, виникає запитання, чому на схемі самого модуля МК їх менше. Це пояснюється тим, що інші лінії портів МК використовуються у модулі для інших функцій, наприклад, для підключення до МК кварцового резонатора (піни XT1 та XT2 модуля N340).

Кожен із цифрових пінів МК може використовуватися як вхід або як вихід для цифрових сигналів. Функціональне призначення та використання кожного піну відбувається у процесі виконання програми МК із використанням таких основних команд мови C++ програмного середовища Arduino IDE:

- pinMode (...);
- digitalWrite (...);
- digitalRead (...).

Звернемо увагу на те, що в мові програмування C++ існує велика кількість службових (зарезервованих) «слів». У таких словах заміна великих літер на малі і навпаки є синтаксичною помилкою, яка не пропускається компілятором.

Кожен цифровий пін МК може забезпечити неперервний вихідний струм до 20 мА. Але є загальне обмеження на навантаження всього МК – у цілому він може обслуговувати зовнішні пристрої із сумарним неперервним вихідним струмом до 200 мА.

Апаратно кожен вихід МК оснащено внутрішнім підтягуючим резистором (Pull-up Resistor) номіналом опору від 20 кОм до 50 кОм. За замовчуванням ці резистори відключені. Активувати їх можна програмно, використовуючи відповідні оператори.

Поняття підтягуючий резистор використовується у цифровій техніці для «підтягування» потенціалу сигналу до рівня напруги живлення, та унеможливлення формування «хибних» сигналів на високоомних входах МК. На практиці підтягування реалізується як відносно напруги живлення (+5 В), так і відносно спільного провідника. Більш детально ці питання будуть розглянуті при виконанні практичних завдань лабораторних робіт.

Більшість цифрових пінів МК можна також конфігурувати для виконання різних багатофункціональних завдань автоматизації. Деякі із них будемо розглядати далі при дослідженні можливостей портів модуля МК та середовища розробки програм ArduinoIDE.

#### **10.4 Світлодіод як найпростіший світловий індикатор для навчальних проектів**

Для найпростішого відображення інформації в автоматизованих системах широко використовують світлодіод (Light Emitted Diode – LED). Приклади його використання ми вже розглядали при вивченні будови та основних компонент модуля МК. Світлодіод – це електронний компонент, який відноситься до класу напівпровідникових діодів і який випромінює світло в певному спектральному діапазоні при проходженні через нього електричного струму. На рис.10.2 наведено зовнішній вигляд одного з видів світлодіодів малої потужності з фокусуючою лінзою.

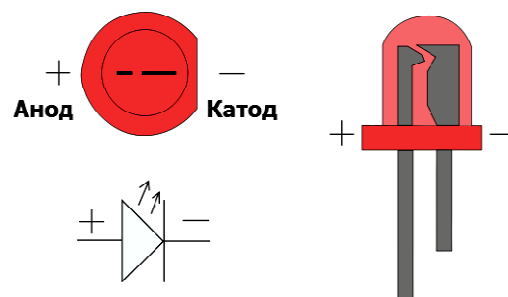


Рис.10.2 – Зовнішній вигляд типового світлодіода малої потужності та схемне позначення світлодіодів

Як видно із наведеного рисунка, світлодіод має два основні елементи: анод та катод. До цих елементів приєднані провідники, які

називають електродами. Щоб визначити для вибраного типу світлодіода розміщення цих елементів слід звернутися до технічного опису даного конкретного компонента (DataSheet). Зокрема, для наведеного на рис.10.2 типу світлодіода анод має довший з'єднувальний провідник («ніжку»). Однак при монтажі ніжки часто підрізаються. У такому випадку можна використати ще одну ознаку – з боку катода корпус світлодіода трохи зрізаний.

Анод і катод не еквівалентні з точки зору підключення їх в електронні ланцюги. Правильному підключенню світлодіода відповідає з'єднання катода із загальною шиною (негативний полюс джерела живлення). Відповідно, анод під'єднується до точки електричного кола, яка має позитивний потенціал. Наприклад, це буде вибраний нами цифровий пін МК, на якому можна сформувати вихідну напругу +5 В. Таке підключення діодів називають прямим – при цьому через діоди протікає електричний струм.

Якщо електроди діода до джерела живлення під'єднані протилежними полюсами, то таке підключення діодів називають зворотним. У цьому випадку струм через діоди не протікає.

Зауважимо, що напряму підключати малопотужні діоди в ділянку кола з напругою 5 В не можна. Це обумовлено тим, що номінальна робоча напруга таких світлодіодів лежить в діапазоні від 2 В до 3 В. Тому при прямому підключенні через світлодіод буде протікати струм, значно більший номінального. У таких умовах функціонування світлодіод швидко (навіть миттєво) вийде з ладу. Крім того, може вийти з ладу відповідний вихід цифрового порту МК. Тому в електричне коло живлення світлодіода слід ввести струмообмежуючий резистор. Відповідно, схема зовнішньої комутації світлодіодного індикатора буде мати вигляд рис.10.3 (у даному випадку керуючим є вихід цифрового порту МК D2).

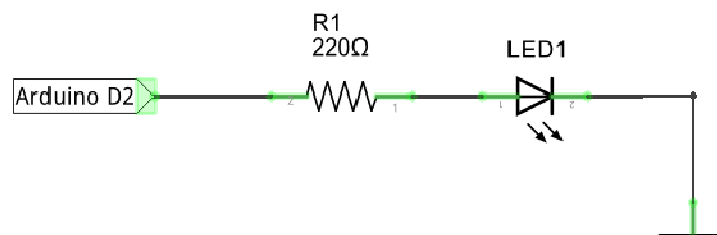


Рисунок 10.3 – Схема підключення світлодіода

Колір свічення світлодіода зв'язаний із його робочою напругою, що ілюструє табл.10.1.

Таблиця 10.1 – Взаємозв'язок робочої напруги із кольором свічення світлодіодів

Колір свічення	Робоча напруга, В
Інфрочервоний	до 1.9
Червоний	від 1.6 до 2.03
Помаранчевий	від 2.03 до 2.1
Жовтий	від 2.1 до 2.2
Зелений	від 2.2 до 3.5
Синій	від 2.5 до 3.7
Фіолетовий	від 2.8 до 4
Ультрафіолетовий	від 3.1 до 4.4
Білий	від 3 до 3.7

### 10.5 Словничок до теми

Порт – в електроніці портом називають будь-який технічний пристрій, який забезпечує електричне з'єднання й обмін даними (сигналами) між контролерами (або процесорами) та зовнішніми пристроями. Найпростішим прикладом порту може бути і рознімач.

Регістр – електронний пристрій для запису, тимчасового зберігання і зчитування інформації у вигляді  $n$ -розрядних двійкових кодів. Регістри використовуються й для виконання інших операцій в процесорній та контролерній техніці.

## 10 ОСНОВИ РОБОТИ З АНАЛОГОВО-ЦИФРОВИМИ ПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ

Головними параметрами функціонування аналогово-цифрового перетворювача (АЦП) є його розрядність  $R$  та кількість рівнів квантування даним АЦП  $Q = 2^R$ . Для прикладу, якщо  $R = 12$  бітів, то це визначає кількість рівнів квантування даним АЦП  $Q = 2^R = 2^{12} = 4096$  рівнів.

Крім того, важливим для перетворення є й діапазон опорних напруг на АЦП. **Якщо опорні напруги спеціально не задані, то їхній діапазон визначається напругою живлення АЦП.** Тоді, якщо напруга живлення АЦП +5 В, то діапазон його опорних напруг від 0 В до +5 В, а інтервал опорних напруг  $\Delta U = 5$  В. У такому випадку АЦП буде правильно відображати вхідні напруги на своєму аналоговому вході лише в діапазоні від 0 В до +5 В.

Примітка. Слід бути дуже уважним щодо подачі на вхід АЦП напруг, які виходять за межі дозволеного діапазону. Зокрема, для нашого прикладу, це напруги зворотної полярності ( $U < 0$  В) або напруги  $U > +5$  В. У такому випадку результат роботи АЦП не прогнозований аж до виходу його з ладу!

Інтервал опорних напруг  $\Delta U$  та розрядність АЦП  $R$  визначають розрядність за напругою

$$R_U = \Delta U / Q.$$

Зокрема, для наведеного вище випадку  $R_U = 5/4096 = 1,22$  мВ.

Зчитування значення сигналу на аналоговому вході МК здійснює внаслідок дії функції **analogRead (pin)**, де pin – номер піну відповідного аналогового входу. Конструкція даної функції дуже проста, наприклад: value = analogRead (0). Результат роботи цієї функції при наявності на вході АЦП напруги  $U$  такий: value =  $U/R_U$ . При цьому результат округляється до цілого числа. У нашому прикладі, якщо на вхід АЦП подано нвпругу 3 В, то значення value =  $(3 \text{ В}) / (1,22 \text{ мВ}) = 2459$ . Таким чином, **функція analogRead визначає кількість рівнів квантування, які лежать у проміжку від нижньої опорної напруги АЦП (у нашому випадку це 0 В) до величини напруги на вході АЦП (у нашому випадку це 3 В).**

Роздільна здатність АЦП найпростіших модулів МК Arduino складає 10 двійкових розрядів. Відповідно, текуче значення напруги на вході АЦП перетворюється у двійкове число із 10 розрядами. Це означає, що АЦП весь встановлений діапазон вхідних напруг може представити у вигляді 1024 двійкових чисел. За замовчуванням, діапазон вхідних напруг встановлюється у межах від 0 до +5 В. Але верхню межу перетворення АЦП можна змінити, використовуючи пін AREF і програмну функція `analogReference()`. Крім того, деякі аналогові піни МК керуються додатковими функціями, за допомогою яких можна змінювати умови роботи АЦП.

## 11 БАЗОВІ ПРИНЦИПИ ВИВЕДЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ З МК ДО КОМП'ЮТЕРА ЧЕРЕЗ ПОСЛІДОВНИЙ USB-ПОРТ

Для зв'язку програм МК з комп'ютером, як ми вже знаємо, використовують стандартний послідовний порт USB. З цим портом працює важливий інструмент платформи Arduino IDE – Serial. Для його використання до програми слід вводити відповідну бібліотеку Serial.

Здійснюється функціонування даного інструмента через спеціальну програму моніторингу послідовного порту, яка вбудована в програмне забезпечення Arduino IDE.

Serial дозволяє дуже просто як приймати комп'ютером дані від МК, так і посилати дані від МК до комп'ютера. Запускають дію цього інструмента оператором **Serial.begin (speed)**. Обов'язковий параметр speed цього оператора задає швидкість передачі даних у бодах (baud) (1 бод = 1 біт/с). Швидкість можна вибрати довільну. Але бажано вибирати її із ряду стандартних значень – найчастіше вибирають середню стандартну швидкість 9600 бод.

Завершують дію процедури обміну даними через послідовний порт оператором **Serial.end**.

Для пересилання даних від МК до комп'ютера застосовують функцію **Serial.print (value, format)**. Обов'язковий параметр value визначає величину, яку слід передати комп'ютеру, а параметр format, який є не обов'язковим, визначає той формат, у якому передається величина.

Слід відмітити, що функція Serial.print передає дані без знаків поділу між ними. Тому більш зручною в роботі є функція Serial.println, яка кожен величину виводить з нового рядка.

Основними форматами для функції Serial.print є:

- двійковий (параметр BIN);
- вісімковий (параметр OCT);
- десятковий (параметр DEC);
- шістнадцятковий (параметр HEX).

Якщо параметр формат не вказаний, то за умовчуженням діє десятковий формат.

Для отримання доступу до перегляду на комп'ютері пересланих МК даних слід натиснути поле «Монітор послідовного порту» у відкритому меню «Інструменти» програмного забезпечення Arduino IDE.